

Koekoneen ennakkohuoltosuunnitelma ja formeriosan hoitosiltasuunnitelma

Jani Tuokko

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Tekniikan ala
Paperikoneteknologian koulutusohjelma

Tekijä(t) Tuokko, Jani	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä Kuukausi Vuosi
	Sivumäärä 63	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Koekoneen ennakkohuoltosuunnitelma ja formeriosan hoitosiltasuunnitelma		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma, kunnossapito		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen, Harri, Projekti-insinööri Luosma, Petri, Lehtori		
Toimeksiantaja(t) ProDeliver Oy, Salmela, Janne, Toimitusjohtaja		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Jyväskyläläisen insinööritoimiston Prodeliver Oy:n suunnittelema koekoneelle ennakkohuoltosuunnitelma sekä luoda hoitosiltasuunnitelma koneen formeriosalle. Koekone oli suunnitteluvaiheessa koko opinnäytetyöprosessin ajan. Työn alkuperäiset tavoitteet muuttuivat ja sisältöä rajattiin uudelleen opinnäytetyön teon aikana aikataulumuutosten takia sekä Prodeliveristä riippumattomista tekijöistä johtuen.</p> <p>Koekoneen laitehierarkian ja huolto-ohjeiden suunnittelu aloitettiin tekemällä Excel-pohjaiset mallit kummastakin. Laiteluettelon tarkoitus on sisältää lopullisten laitteiden varmistuttua huolto-ohjeisiin kuuluvat laitteet sekä niiden osaluettelot, jossa on listattuna tärkeimmät osat. Huoltolistaan on tarkoitus listata valittavien laitteiden huolto-ohjeet käyttämällä hyväksi laitetoimittajien käyttöohjeita ja suosituksia.</p> <p>Hoitosillat suunniteltiin ja toteutettiin 3d-mallinnusohjelman avulla formeriosalle. Huomiota otettiin koneturvallisuuden standardien vaatimuksia ja suunnittelijoiden sekä asiakkaan toiveet.</p> <p>Työn tuloksena syntyi hyvä ennakkohuoltosuunnitelman pohja, joka voidaan täydentää laitteiden selvittyä ja koekoneen valmistuttua, jolloin valmis huoltolista voidaan ottaa käyttöön. Työn toisen päätavoitteen, hoitosiltasuunnitelman luomisen, tuloksena syntyi toteutuskelpoinen ja realistinen hoitosiltarakennelma koekoneen formeriosalle. Valmista mallia voidaan muokata ja jalostaa lopulliseen muotoon toimeksiantajan sekä koneen tilanteen asiakkaan toimesta, jotta pääsy kaikille huoltopisteille tavoitettaisiin halutulla tavalla.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Ennakkohuoltosuunnitelma, hoitosillat, kunnossapito		
Muut tiedot		

Author(s) Tuokko, Jani	Type of publication Bachelor's thesis	Date Month Year
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 63	Permission for web publication: x
Title of publication Preventive maintenance plan for pilot machine and plan for the working platforms in forming section		
Degree programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri, Project Engineer Luosma, Petri, Senior Lecturer		
Assigned by ProDeliver Oy, Salmela, Janne, CEO		
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to create preventive maintenance plan and plan for working platforms in the forming section for the pilot machine designed by an engineering office Prodeliver Ltd in Jyväskylä. The pilot machine was at planning stage throughout the whole thesis process. The original objectives of the work changed during the making of the thesis and the content had to be re-defined due to schedule changes, as well as due to independent factors that did not occur because of Prodeliver.</p> <p>The device hierarchy of the pilot machine and the maintenance instructions were started by making an Excel-based models of each. The purpose of the device list was to include devices as well as the part lists with the main components which belongs to maintenance instructions, after the confirmation of the final devices which will be selected. By using the vendor's maintenance instructions and recommendations of the selected equipment will be added to the maintenance list.</p> <p>The working platforms in the forming section were planned and created by using 3D modeling program. The requirements of the machine safety standards and both the designer's and the client's wishes were taken into account.</p> <p>The result was a good template for the preventive maintenance plan which can be supplemented after the devices to be included is agreed on and after the pilot machine has been completed. Afterwards the complete maintenance list can be put into use. As a result of the second main goal of the thesis, the plan for the working platforms resulted feasible and realistic platform structure of the former section. Completed model can be edited and adjusted into the final form by the client and the customer who ordered the machine to access every maintenance place in the preferred way.</p>		
Keywords/tags		
Preventive maintenance plan, working platforms, maintenance		
Miscellaneous		

Sisältö

Johdanto	5
1.1 Työn rajaus	6
2 Toimeksiantaja	7
3 Työn lähtökohdat	8
4 Hoitosiltasuunnitelma	10
4.1.1 Suunnittelun kokonaisuuden hallinta.....	10
4.2 Hoitosiltojen suunnitteluun käytetty ohjelmisto	11
4.2.1 Catia V5.....	11
4.3 Hoitosiltojen yleisiä standardeja ja vaatimuksia	12
4.3.1 Työskentely- ja kulkutasot	13
4.3.2 Turvallisuusvaatimukset suojakaiteille	14
4.3.3 Kiinteän kulkutien valinta	16
4.3.4 Kiinteän kulkutien valinta kahden tason välille	16
4.3.5 Turvallisuusvaatimukset portaille.....	16
4.3.6 Porrastikkaiden turvallisuusvaatimukset	18
4.3.7 Materiaaleja ja mitoitusta koskevat vaatimukset	19
4.3.8 Turvallisuusvaatimukset kiinteille tikkaille	20
4.4 Suojukset ja turvaetäisyydet	22
4.4.1 Puristumisvaaran turvaetäisyydet.....	22
4.4.2 Turvaetäisyydet ylä- ja alaraajoille	23
4.4.3 Nielukohtien turvaetäisyydet ja suojusten tarve	26
4.5 Muita huomioitavia asioita	28
4.5.1 Tarkistuslista	28
5 Kunnossapito.....	29
5.1 Kunnossapidon määritelmä.....	29
5.2 Kunnossapidon merkitys ja tavoitteet	29

5.3	Kunnossapidon historia ja kehittyminen.....	30
5.4	Kunnossapitolajit	32
5.4.1	Huolto	34
5.4.2	Ehkäisevä kunnossapito.....	34
5.4.3	Korjaava kunnossapito	35
5.4.4	Parantava kunnossapito	36
5.4.5	Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.....	36
5.5	Käyttövarmuus	37
6	Ennakkohuoltosuunnitelma	40
6.1	Ennakoivan kunnossapidon hyödyt ja haitat	40
6.1.1	Hyödyt.....	40
6.1.2	Haitat	40
6.2	Kunnossapito-ohjelman suunnittelu	40
6.2.1	Huolto-ohjelma perustuvat strategioihin.....	41
6.3	Huolto-ohjeiden laadinta	42
6.3.1	Taustateoriaa huolto-ohjelman rakentamiselle.....	42
6.3.2	Esimerkki huolto-ohjelman askelista.....	43
7	Opinnäytetyön toteutus.....	44
7.1	Hoitosiltasuunnitelman toteutus	45
7.2	Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus	48
8	Tulokset	50
8.1	Ennakkohuoltosuunnitelman tulokset	50
8.2	Hoitosiltasuunnitelman tulokset	51
8.3	Tulosten arviointi.....	55
9	Pohdinta	56
	Lähteet.....	57

Kuviot

Kuvio 1. Prosolven organisaatiokaavio, jossa ilmenevät eri toimialueet.....	7
Kuvio 2. Hoitosillan elinkaaren vaiheet suunnittelussa (Muokattu lähteestä Sinisammal 2001, 11.)	10
Kuvio 3. Vaatimuksia suojakaiteen mitoitukselle. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 20.)	15
Kuvio 4. Portaiden ja porrastikkaiden merkinnät. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 10.).....	17
Kuvio 5. Käsijohteen sijainti ja etäisyys tasosta. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 24.)	19
Kuvio 6. Kiinteiden tikkaiden osat. (SFS-EN ISO 14122-4 + A1, 2010, 14.)	21
Kuvio 7. Esimerkkejä nielukohdista. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 16.).....	27
Kuvio 9. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010, 32).....	33
Kuvio 10. Käyttövarmuuden osatekijät (Kortelainen & Reunanen, Promaintlehti 2013).....	38
Kuvio 11. ”Vanhoja, hyviä” kunnossapito-ohjelman perusteita. (Laine 2010, 125.) ...	42
Kuvio 12. Yksinkertaistettu kaavio luotettavuuteen tähtäävän kunnossapito-ohjelman tekemisestä. (Laine 2010, 131.)	44
Kuvio 13. Koekoneen laiteluettelo. (Hierarkia)	50
Kuvio 14. Koekoneen huoltolista (Osa1)	51
Kuvio 15. Koekoneen huoltolista (Osa 2)	51
Kuvio 16. Isometrinen projektio hoitosiltarakennelmasta.	53
Kuvio 17. Hoitosillat käyttöpuolelta päin katsottuna ja ihmismallit.....	53
Kuvio 18. Hoitopuolen lattiatasolta nouseva leveämpi hoitosilta.	54
Kuvio 19. Formerin päällä sijaitseva hoitotaso.	54
Kuvio 20. Layout-kuva hoitosilloista Prosolven piirustus pohjalla.....	55

Taulukot

Taulukko 1. Portaiden merkintöjen selitykset.	17
Taulukko 2. Tikkaiden merkintöjen selitykset.	21
Taulukko 3. Vähimmäisetäisyyksien lukuarvot. (SFS-EN 349 + A1, 2008, 10.)	23
Taulukko 4. Turvaetäisyydet suojarakenteen yli ulottumiseen. (pieni riski) (SFS-EN ISO 13857, 2008, 16.).....	24
Taulukko 5. Turvaetäisyydet suojarakenteen yli ulottumiseen. (suuri riski) (SFS-EN ISO 13857, 2008, 18.).....	25
Taulukko 6. Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi alaraajoilla. (SFS-EN ISO 13857, 2008, 30.)	26

Johdanto

Nykypäivän teollisuudessa koneilta ja laitteilta vaaditaan yhä enemmän. Niin yritykset kuin asiakkaat painottavat suunnittelussa turvallisuutta, kustannustehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Paperikoneita pyritään kehittämään jatkuvasti tuoreilla ja innovatiivisilla ratkaisulla, jotta pysyttäisiin markkinoiden kärjessä. Uusiin biomateriaaleihin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin panostetaan paljon nykypäivänä. Kilpailevat yritykset sijoittavat laboratorioympäristöihin ja pilottihankkeisiin tutkiakseen ja kehittääkseen tuotteitaan. Tuotekehitykseen ja pitkäaikaiseen sekä intensiiviseen tutkimustyöhön satsataan suuria summia. Koekoneita valmistetaan kokeilukäyttöön ja niillä testataan erilaisia paperi- ja sellulaatuja, sekä pyritään parantamaan nykyisten tuotteiden ominaisuuksia.

Opinnäytetyössä kehitettiin ennakkohuoltosuunnitelma paperin valmistukseen ja testaukseen valmistettavalle koekoneelle. Lisäksi työssä paneuduttiin luomaan sopeva hoitosiltasuunnitelma koekoneen formeriosalle ennakkohuollon tarpeisiin.

Opinnäytetyön tavoitteet voidaan jakaa kahteen pääkokonaisuuteen seuraavasti:

1. Ennakkohuoltosuunnitelma paperin valmistukseen tarkoitetun koekoneen komponenteille.
2. Koekoneen formeriosan hoitosiltasuunnitelma, jonka ideana oli saada turvallinen ja toteutuskelpoinen malli, jolla tavoitetaan huoltopisteet ja luodaan tarvittavat liikkumisreitit.

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistoimintaa noudattavana työnä. Tarkoituksena oli keskittyä luomaan paperin valmistukseen ja testaukseen valmistettavalle koekoneelle räätälöity ja käyttökelpoinen ennakkohuoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelman tavoitteina oli parantaa koneen käyttövarmuutta sekä ehkäistä vikojen syntymistä. Suunnittelussa huomioitiin myös se, ettei kone ei ole jatkuvassa käytössä.

Hoitosiltasuunnitelman tarkoituksena oli muodostaa esimerkki oikeanlaisesta 3D-mallista, joka voidaan toteuttaa koekoneelle. Lisäksi tärkeänä osana työtä oli huomioida ja noudattaa hyväksytyjä turvallisuusstandardeja ja -vaatimuksia. Suunnitelman edellytyksenä oli tavoittaa koekoneen formeriosan kaikki huoltoa tarvitsevat kohteet sekä luoda tarvittavat liikkumisreitit ympäri konetta.

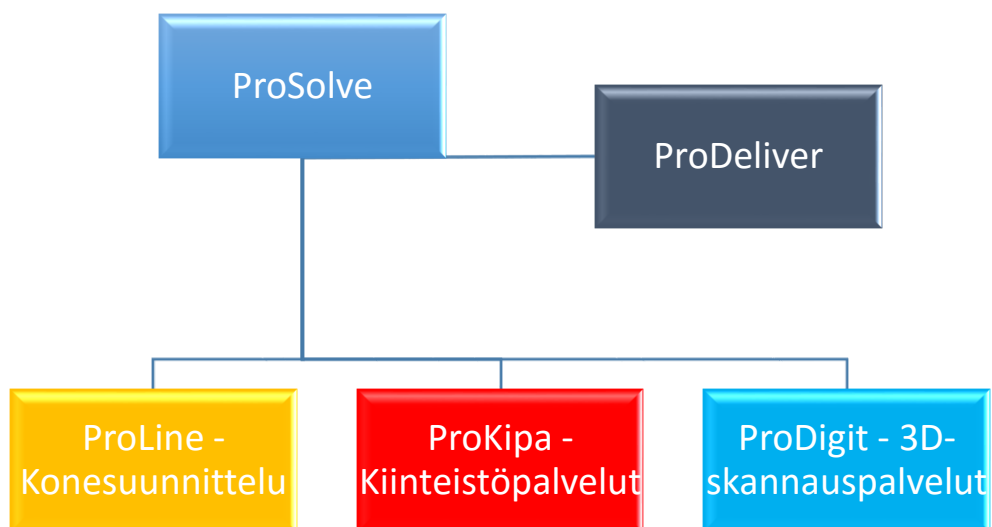
1.1 Työn rajaus

Työn sisältö määriteltiin ja rajattiin opinnäytetyön alussa toimeksiannon yhteydessä Prodeliverin toimitusjohtajan Janne Salmelan ja suunnitteluinsinöörin Jaakko Seppäsen kanssa. Ennakkohuoltosuunnitelma rajattiin käsittämään koekoneeseen sisältyvät huoltotoimenpiteitä tarvitsevat liikkuvat ja kuluvat laitteet, joita ovat esimerkiksi telat, laakerit, kiristimet, viiranohjaimet, palkeet ja erilaiset käytöt. Työn ulkopuolelle jäivät kaikki koekoneeseen liittyvä prosessiosaaminen, sillä se ei kuulunut yrityksen osalta suunnittelutyöhön. Lisäksi huoltolistasta oli tarkoitus jättää huomioimatta kaikki isommat ja monimutkaisemmat korjaustyöt.

Hoitosiltasuunnitelman alkuperäisenä tarkoituksena oli suunnitella ja luoda kulkureitit koko koekoneelle, millä mahdollistuu pääsy ennakkohuoltosuunnitelman huolto-kohteille. Suunnitelmat muuttuivat työn loppupuolella ja hoitosiltojen osalta työ rajattiin uudelleen koskemaan vain formeriosaa. Perusteena tälle oli se, että koekoneen loppupään suunnittelu oli vielä aivan auki konstruktion ja lopullisten ratkaisujen puolesta, niin ei olisi ollut järkevää tehdä turhaa työtä, kun sen hetkinen versio olisi saattanut muuttua vielä osittain tai kokonaan. Alkupään formeriosa oli koekoneen ainut kokonaisuus, joka oli varmistunut niin suunnittelun kuin mallinnuksen osalta, eikä muuttunut. Työn hoitosiltoja koskeva teoriaosuus on rajattu käsittelemään vain yleisiä standardeja, jotka liittyvät hoitosiltojen mitoitukseen ja turvallisuuteen. Loput standardit, vaatimukset ja aiheeseen liittyvät asiat rajattiin työn ulkopuolelle, koska muuten opinnäytetyö olisi laajentunut tarpeettomasti ja siinä olisi ollut liikaa asioita sisällytettäväksi yhteen työhön. Työn ulkopuolelle jätettiin muun muassa seuraavat asiat: työtasojen kannakointi, rutilöiden valinta, porttien käyttö, pakoetäisyydet, umpikujat, liikuteltavat hoitosillat, irrotettavat suojakaiteet ja nippisuojan käyttäminen. Nipiksi kutsutaan yleensä paperikoneen telojen välistä puristumiskohtaa. Nippisuoja voi olla esimerkiksi yksinkertainen suojarakenne kuten rutilä, jolla suojataan henkilöitä vahingoilta estämällä jonkun ruumiinosan, yleensä käden joutumista puristuksiin telojen väliin.

2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyö toteutetaan Jyväskyläläiselle insinööritoimistolle Prodeliver Oy:lle. Prodeliver on perustettu vuonna 2012 Prosolve Oy:n rinnalle, joka on toiminut vuodesta 2004 kahden kaverin perustettua suunnittelutoimiston. Yrityksen nimi oli aluksi Proline ja se oli avoin yhtiö. Vuonna 2005 yritysmuoto vaihtui osakeyhtiöksi. Vuonna 2011 yrityksen nimi muuttui nykyiseen muotoon ja organisaatiomuutoksen myötä syntyivät nykyiset toimialueet, jotka näkyvät kuviossa 1. Prosolve avasi samana vuonna toimipaikan myös Kotkaan. Prosolve on jakautunut eri toimialueisiin, joista Prodeliver on yksi. Prodeliverin pääpaino on mittaus- ja asennuspalveluissa, mutta firman asiantuntijajoukoissa on myös kokeneita suunnittelijoita. Muut toimialueet ovat kiinteistöpalvelut, konesuunnittelu ja 3D-skannauspalvelut. Prodeliver ja Prosolve toimivat tiiviissä yhteistyössä. Prosolvella työskentelee yhteensä 16 henkilöä Jyväskylässä ja kuusi henkeä Kotkan toimipisteellä. Prodeliverin palkkalistoilla on 16 henkilöä, johon lukeutuu myös 6 henkilöä yhteistyötä tekevältä Lvi-Elektro Oy:ltä. Kokonaisuudessaan yhteenlaskettu henkilöstön määrä on siis noin 40 henkeä. Yrityksen liikevaihto oli hieman yli 1,6 miljoonaa euroa vuonna 2014. Fyysisesti yrityksen toimitilat sijaitsevat Jyväskylän Rautpohjassa Valmetin alueella. Yritys toimii ja on myös vuokralla Valmetin tiloissa. Valmet on myös yrityksen suurin asiakas ja yhteistyökumppani. (Prosolve n.d.)



Kuvio 1. Prosolven organisaatiokaavio, jossa ilmenevät eri toimialueet.

3 Työn lähtökohdat

Opinnäytetyön alkuperäisenä päätavoitteena oli tarkoitus suunnitella ja toteuttaa ennakkohuolto-ohjelma koekoneen komponenteille. Prodeliverillä oli tarvetta ennakkohuoltosuunnitelmalle siihen liittyvän hoitosiltasuunnitelman lisäksi. Ennakkohuolto-ohjelman ideana oli sisältää koneen kaikki huoltoa tarvitsevat kuluvat ja liikkuvat osat. Näitä ovat esimerkiksi telat, laakerit, viirankiristimet -ja ohjaimet sekä palkeet. Tarkoitus oli lopulta toimittaa valmis huoltolista koekoneen yhteydessä sen tilanneen asiakkaan käyttöön ja tarpeisiin.

Huollot oli suunniteltu tehtäväksi koekonetta käyttävän asiakkaan henkilökunnan ja kunnossapitäjien toimesta. Prodeliverin rooli oli osallistua vain laitteen suunnitteluun, osien tilaukseen ja hankintaan, sekä myös koekoneen kokoamiseen liittyvään asennustyöhön ainakin osittain, jonka jälkeen koneen käyttö ja vastuu on asiakkaalla. Koneen ennakkohuoltosuunnitelman osalta tarkoitus oli laatia koneen laitteille ja osille tarvittavat kalenteriaikaan perustuvat huollot. Huoltojen ja huolto-ohjelman tarkoituksena oli pidentää koekoneen elinikää, ehkäistä vikaantumisia ja näin saavuttaa hyvä luotettavuus sekä toimintavarmuus. Koneen käyttökustannuksissa säästäminen oli lisäksi yksi oleellinen tekijä. Koneelle piti alkuperäisen suunnitelman mukaan suunnitella huoltotoimenpiteet. Yleisesti vastaavanlaiset huollot ovat enimmäkseen laitteiden tarkastamista tai voitelua ja huoltovälit ovat päivittäin, viikoittain tai pidempien aikavälein suoritettavia riippuen huollettavasta kohteesta ja sen tarpeista. Tarkoitus oli jättää suuremmat ja monimutkaisemmat korjaukset huolto-ohjeiden ulkopuolelle.

Ennakoivien huoltojen suunnitelmassa otettiin huomioon, että koekone ei tule ympärivuorokautiseen käyttöön. Koekoneen käyttötarkoitus oli alkutietojen mukaan sellainen, että sen käyttö tapahtuu vaihtelevissa sykleissä ja aina kun asiakkaalla on tarve tehdä testiajoja tai esimerkiksi kokeilla uusia paperilaatuja ja niiden ominaisuuksia. Koneen valmistuttua se tulee olemaan todennäköisesti aluksi melko aktiivisessa käytössä. Alustavasti saatujen tietojen mukaan koneen käyntiaika on noin 8 tuntia päivässä kolmena päivänä viikossa. Huoltotoimenpiteet ja niiden aikataulutus oli tarkoitus toteuttaa osien valmistajien suositusten ja ohjeistuksien mukaan.

Toisena opinnäytetyön lähtökohtana koekoneelle tarvittiin ennakkohuoltosuunnitelman lisäksi koneen kattavat hoitosillat lopulliselle sijoituspaikalle. Tehtävänä oli siis suunnitella, hahmotella ja mallintaa toteuttamiskelpoinen 3D-malli hoitosiltarakennelmasta. Malli suunniteltiin työn koekonetta varten, koska vastaavia juuri samanlaisia koneita ei ole. Tarkoitus oli pyrkiä käyttämään oikeaoppisia ja hyväksytyjä standardien vaatimuksia suunnittelun periaatteina. Työn tuloksena oli tarkoitus tuottaa 3D-malli hoitosiltojen sijainnista koneen formeriosalla. Mallista otettiin näyttöleikkeitä ja layout-kuva raportin tuloksiin. Kaikki työn tulokset ja tehdyt asiat jäivät myös toimeksiantajalle.

Yleisesti hoitosiltoihin sisältyy työtasoja, portaita, porrastikkaita, tikkaita, portteja, suojakaiteita ja siltojen kannakointi. Hoitosiltoja tarvitaan koneen käyttämistä, käynnin valmistelua, kunnon tarkkailua, vikojen etsintää ja korjaamista varten. Kunnolliset työtasot ja kulkureitit ovat sellaisia, joita käytetään vaistonvaraisesti oikein, eikä niistä aiheudu vaaraa käyttäjille. Joidenkin tilastojen mukaan lähes joka kymmenes teollisuuden työpaikkatapaturma johtuu suoraan tai välillisesti kulkuteiden puutteellisuudesta tai niiden puuttumisesta kokonaan.

Suunnitteluvaihe on hoitosiltojen elinkaaren tärkein osa. Suunnittelun aikana määräytyvät niin hoitosiltojen kustannukset kuin käyttäjien ja asentajien turvallisuus. Turvallisuus on nykyään prioriteeteista tärkein kaikilla teollisuuden aloilla ja sitä painotetaan jatkuvasti. Suunnittelussa voi tapahtua virhearviointeja, jotka voivat haitata käyttäjiä vuosikausia, vaikkei niistä välttämättä aiheutuisikaan suoranaisia tapaturmia. Hyvän hoitosiltasuunnitelman toteutuksessa vaaralliset ja hankalat kulkureitit tulee saada minimoitua, jonka seurauksena työmaa on turvallisempi, liikkuminen helpompaa ja työntekijät voivat keskittyä paremmin itse työtehtävien hoitamiseen. Näistä syistä johtuen kunnollisella suunnittelulla on hyvin suuri merkitys hyvän hoitosiltarakennelman toteutumisen kannalta. Suunnittelu määrittelee kaikki työhön liittyvät tekijät ja kustannukset projektin alusta loppuun saakka. Hoitosiltojen kokonaisuutta on aina hyvä lähteä suunnittelemaan ja muodostamaan turvallisuuden ja käyttäjäystävällisyyden näkökulmista

Hoitosiltojen suunnittelussa tulee myös kiinnitettää huomiota niiden soveltuvuuteen ennakoitavissa oleviin ympäristö- ja käyttöolosuhteisiin. Hoitosiltarakennelman tulee suojata sitä käyttäviä henkilöitä ja ehkäistä tapaturmien syntymistä sen koko

laajudeltaan. Suunnittelussa on huomioitava kaikki hoitosiltarakennelman osat ja kohdat, joiden kanssa käyttäjät voivat joutua mahdollisesti kosketuksiin.

Vaaratilanteissa henkilöiden on pystyttävä poistumaan nopeasti joka paikasta hoitosiltarakennelmaa ja henkilöitä on tarvittaessa kyettävä auttamaan nopeasti sekä evakuoimaan helposti.

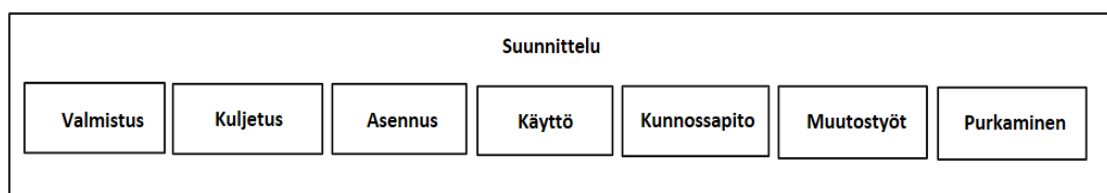
Hoitosiltasuunnitelman oli tarkoitus pyrkiä noudattamaan koneturvallisuuden koneiden kiinteitä kulkuteitä koskevia standardeja ja vaatimuksia niin hyvin kuin se oli mahdollista. Huomioon otettiin myös koneturvallisuuden perusstandardit, jotka koskevat puristumisvaaroja ja turvaetäisyyksiä. Suunnitelman laatimisessa otettiin huomioon:

1. Sijoituspaikka eli ympäristö johon koekone tulee käyttöön. Hallin mitat (korkeudet, leveydet, pituudet) ja tarpeelliset lisätiedot on syytä tietää, jotta voitiin kartoittaa hoitosiltojen tilan tarve.
2. Ergonomiset, turvalliset ja käyttäjäystävälliset suunnitteluperiaatteet olivat tärkeää ottaa osaksi suunnitteluprosessia siinä määrin kuin mahdollista.
3. Luvussa 3 kappaleessa 5.1 esitetty tarkastuslista, jonka kohtia oli hyvä silmäillä jatkuvasti työn edetessä.

4 Hoitosiltasuunnitelma

4.1.1 Suunnittelun kokonaisuuden hallinta

Suunnittelun pitäisi ulottua hoitosiltojen elinkaarten kaikkiin vaiheisiin alkaen aina osien valmistuksesta ja päättyen lopulta niiden purkamiseen kuvion 2 mukaisesti.



Kuvio 2. Hoitosillan elinkaaren vaiheet suunnittelussa (Muokattu lähteestä Sinisammal 2001, 11.)

Hoitosiltojen lujuuslaskelmat, osien työstäminen, asentaminen ja korroosiosuojaus ovat kaikki hoitosiltojen suunnitteluun liittyvää perusosaamista, jotka tulee hallita. Yleensä haastavimmaksi tehtäväksi suunnittelussa on osoittautunut kokonaisuuden hahmottaminen ja eri vaiheiden yhteensovittaminen, varsinkin laajoissa teollisuusinvestoinneissa. Ilmastointi-, sähkö- ja putkisuunnittelussa kilpaillaan kaikissa saman rajallisen tilan käytöstä koneiden ja laitteiden ympärillä, eikä niiden kokoaminen toimivaksi kokonaisuudeksi ole aina helppoa. (Sinisammal 2001, 11.)

Teollisuusinvestoinneissa myydään ja ostetaan paljon pieniä eri osakokonaisuuksia tiukkojen aikataulujen puitteissa. Esimerkiksi varastosäiliö, johon liittyvät pumpput, putket, instrumentointi ja hoitosillat voivat olla kaikki toimitettuja eri aliurakoitsijoiden toimesta. Erityisen hyvä olisi huolehtia siitä, että asennus- ja rakennustyön eri vaiheet sovitettaisiin yhteen mahdollisimman mielekkäästi. Kiinteät kulkutiet ja työtasot kannattaa asentaa niin varhain kuin mahdollista, riippuen tietenkin projektista ja sen vaatimuksista. Hoitosiltojen tilaajan kannattaakin aina varmistaa, että työtarjouksessa on otettu huomioon asianmukaiset kulkutiet ja työtasot. Tällä varmistetaan, että saadaan mitä tilataan eikä tule yllätyksiä. Käyttöönoton jälkeen hoitosiltojen korjauksista ja esimerkiksi puuttuvien portaiden asentamisesta aiheutuvat kulut jäävät pääsääntöisesti laitoksen omistajan maksettavaksi. (Sinisammal 2001, 11.)

4.2 Hoitosiltojen suunnitteluun käytetty ohjelmisto

4.2.1 Catia V5

Catia (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) on ranskalaisen yhtiön Dassault Systèmesin kehittämä 3D-mallinnusohjelmisto. Se on yksi maailman johtavista monialustaisista tietokoneavusteisen suunnittelun työkaluista. Ohjelmisto tukee tietokoneavusteista suunnittelua CAD (Computer Aided Design), tietokoneavusteista valmistamista CAM (Computer Aided Manufacturing) ja tietokoneavusteista tekniikkaa CAE (Computer Aided Engineering). Ohjelma on kirjoitettu C++ ohjelmointikielellä. (Tickoo 2011, 1-2.)

Catia on kolmiulotteisesti tuotteita mallintava suunnittelujärjestelmä. Ohjelmisto pystyy jäljittelemään ympäristön ja tuotteiden toimintaa monipuolisilla sekä realistisilla virtuaalisilla simulaatioilla. Mallinnetuista tuotteista voidaan rakentaa malleja, jotka toimivat virtuaalisesti ja noudattavat simuloinneissa oikeita käytännön toimintoja tosiaikaisesti. (Catia 2015.)

Catian päätoimintoja ovat piirremallit, tilavuusmallit, pintamallit, piirteitä määrittävät tasopiirroksiset (Sketcher), osan perusmallinnus ns. solidimallinnus (Part Design), tekninen piirtäminen (Drafting), kokoonpanosuunnittelu (Assembly Design) sekä pinta- ja käyrätyökalut (Generative Shape Design). Catian toiminta perustuu piirremallinnuksen periaatteeseen, joka tarkoittaa, että jokainen malli perustuu yksittäisiin piirteisiin. Mallintaminen aloitetaan luomalla jokin yksittäinen kiinteä osa (solidi) piirretoiminnolla ja sitä muokataan edelleen uusilla piirteillä, kunnes saavutetaan haluttu malli. (Catia V5 koulutusmateriaali 2004.)

Catia on käytössä laajalti ympäri maailman ja insinöörit sekä arkkitehdit käyttävät sitä pääasiallisena työkaluna tai apuvälineenä suunnittelutyössä. Ohjelmistoa käytetään lähes kaikilla aloilla ja koneteollisuudessa esimerkiksi lentokone-, auto- ja matkapuhelinteollisuudessa. Edellisten lisäksi Catiaa käytetään myös paljon laitossuunnitteluun. Ohjelma mielletään helppokäyttöiseksi ja se on yksi syy sille miksi se on saavuttanut niin suuren suosion. Catia on yksi suosituimmista suunnitteluohjelmistoista ominaisuuksien, hintansa ja laajennettavuusmahdollisuuksien takia. (Catia 2015.)

4.3 Hoitosiltojen yleisiä standardeja ja vaatimuksia

Standardien mukaan suunniteltujen ja toteutettujen hoitosiltojen tulee olla turvallisia ja ehkäistä tapaturmien syntymistä. Hyvät kulkutiet ja työtasot ovat sellaisia, että niitä käytetään vaistomaisesti oikein ilman sitä erikseen tiedostamatta. Kaikkien hoitosiltarakennelman kohtien ja osien tulee suojata käyttäjiä vammoja vastaan. Esimerkiksi kävelypintojen tulee estää liukastumista ja käsijohteiden tulee olla oikean korkeudet, jotta putoamisvaarat saataisiin minimoitua. Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä ja myös olennaisimpia hoitosiltoihin liittyviä standardeja sekä vaatimuksia.

4.3.1 Työskentely- ja kulkutasot

Aina kun on mahdollista, niin kulku- ja työskentelytasot tulee sijoittaa purkautuvista vaarallisista nesteistä tai kaasuista tai sinkoutuvista kappaleista ulottumattomiin ja sellaisten alueiden ulkopuolelle, joista voi kertyä jotain liukastumista aiheuttavaa ainetta. (Sinisammal 2001, 5.)

Työskentelytasojen sijoittelu tulee suunnitella niin, että niillä työskentelevät henkilöt pystyvät työskentelemään hyvässä asennossa ja ergonomisesti. Työkohteiden tulee olla 500 mm-1700 mm korkeudella työskentelytason pinnasta, jos se vain on mahdollista. Työskentely- ja kulkutasojen vapaan korkeuden tulee olla vähintään 2100 mm, mutta rajoituksista johtuen ja riskinarvioinnin perusteella perusteltuna korkeus voi olla minimissään 1900 mm tai jos kyseinen korkeus on vain lyhyellä matkalla. (SFS-EN ISO 14122-2, 2010, 12.)

Kulkutason vapaan leveyden suositus on 800 mm, mutta sen on oltava vähintään 600 mm. Riskinarvioinnin perusteella se voi olla kapeimmillaan 500 mm, jos tason käyttö on satunnaista tai jos kavennus käsittää lyhyen matkan. Kun monta ihmistä käyttää kulkutasoa samanaikaisesti, niin leveyden tulee olla vähintään 1000 mm. (SFS-EN ISO 14122-2, 2010, 14.)

Koneturvallisuuden standardi SFS-EN 1034-1 määrittelee kulkuleveyden niin, etteivät koneen ulkonevat osat saa kaventaa kävelytilaa pienemmäksi kuin 400 mm. Tässä tapauksessa koneen ulkonevat osat tulee pehmustaa ja merkitä varoituksilla aina silloin, kun se on mahdollista. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 32.)

Lattiapintojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että niihin ei saa kertyä likaa tai muita aineita sekä nesteiden on valuttava niiltä pois. Aukolliset rakenteet esimerkiksi ritilät soveltuvat parhaiten tähän tarkoitukseen. Tasojen lattiapintojen aukot saavat korkeintaan olla sen kokoisia, ettei halkaisijaltaan 35 mm kokoinen kuula mahdu niistä läpi. Työskentelypaikkojen yläpuolella sijaitsevilla lattiarakenteissa saa maksimissaan olla aukkoja, joista halkaisijaltaan 20 mm kuula ei pääse putoamaan läpi. Tämä vaatimus on laadittu alla työskentelevien henkilöiden turvallisuuden takia. Jos lattiapinta koostuu irrotettavista elementeistä, niin niiden vaaraa aiheuttavat liikkeet tulee olla estettyjä kiinnittimien tai vastaavien rakenteiden avulla. Vierekkäisten lat-

tiatasojen välinen korkeusero saa olla enintään 4mm kompastumisvaarojen ehkäisemiseksi. Mikäli lattiapintojen ja viereisten rakenneosien välinen aukko ylittää 30 mm, niin jalkalistojen tulee sijaita lattiatasoon tehtyjen aukkojen reunoilla tai lattiapinnan reunojen ja viereisten rakenneosien välisissä aukoissa. Jalkalistan korkeuden on oltava vähintään 100 mm. (SFS-EN ISO 14122-2, 2010, 14, 16.)

Jos kulkutaso on suunniteltu hätäpoistumistieksi, niin poistumisteitä koskevien mitoituksia koskevien säädösten on täyttyttävä. Tasot tulee varustaa suojakaiteilla ja jalkalistoilla, jos niiltä on putoamisvaara vähintään 500 mm korkeudelta. Raskaiden kappaleiden käsittelyä varten tulee olla asianmukainen varustus tai siihen soveltuvat laitteet. Kappaleiden pyörittelyä tasoilla ja niiden varastointia työskentelytasolle tulee välttää. (SFS-EN ISO 14122-2 + A1, 2010, 14.)

Tasanteiden, työskentely- ja kulkutasojen mitoituksen on huomioitava seuraavat vähimmäiskuormavaatimukset:

1. Rakenteeseen kohdistuva tasainen kuormitus saa olla vähintään 2kN/m².
2. Lattiarakenteen epäedullisimpaan kohtaan kohdistuva kuorma saa olla vähintään 1,5kN jakautuneena 200x200mm kokoiselle alueelle.
3. Suunnittelukuorma ei saa olla suurempi kuin 1/200 jännevälistä.
4. Kuormitetun ja viereiseen kuormittamattomaan lattiapintaan ei saa syntyä yli 4mm korkeuseroa. (SFS-EN ISO 14122-2, 2010, 16.)
5. Kaikki tasot on suunniteltava kestäämään pintakuorma 5000N/m² ja tärinästä aiheutuvat vaikutukset. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 32.)

4.3.2 Turvallisuusvaatimukset suojakaiteille

Suojakaiteita on vaakasuoria sekä portaiden ja porrastikkaiden yhteydessä olevia. Kaikilla suojakaidetyypeillä on yhtenäinen tarkoitus, joka on estää henkilöiden putoaminen. (Sinisammal 2001, 6-7.)

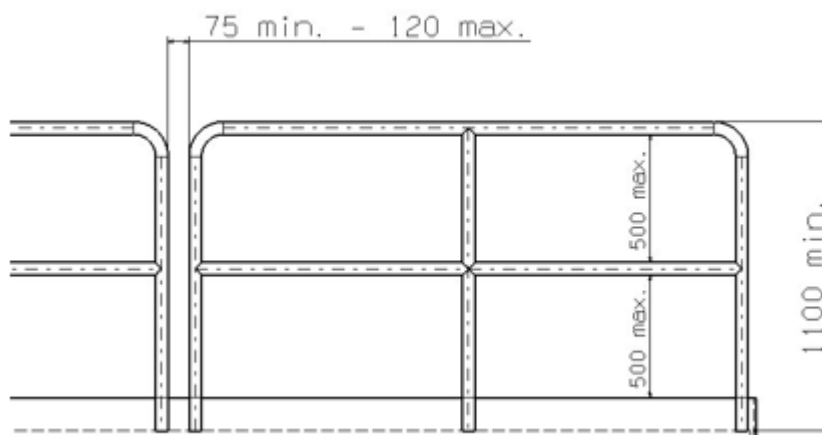
Suojakaide vaaditaan seuraavista syistä:

1. Putoamismatkaa on yli 500 mm.

2. Tason ja koneen tai tason ja seinän välinen aukko ylittää 200 mm tai rakenne ei ole yhtä turvallinen sekä putoamiselta suojaava kuin suojakaide. (SFS-EN ISO 14122-3, 2010, 18.)
3. Jos hoitosiltarakennelman jostain kohdasta on putoamisvaara koneelle, niin koneen runko voi ajaa saman asian kuin suojakaide, jos se täyttää sopivat vaatimukset ja jos koneen rungon ja tason etäisyys on enintään 0,12 m. (SFS-EN 1034-1+A1, 2010, 36.)

Suojakaiteiden tulee kestää ilman havaittavissa olevia pysyviä muodonmuutoksia, jotka aiheutuvat vaakasuoraan vaikuttavista pistekuormista, jotka ovat yhtä suuria tai suurempia kuin käyttökuormituksesta aiheutuvat voimat ja jotka kohdistetaan ensin kaidetolpan yläpäähän ja sitten käsijohteen epäedullisimpaan kohtaan. Taipuma ei saa ylittää kuormitustilanteessa 30 mm kummassakaan tapauksessa. Vähimmäiskäyttökuormitus on 300 N/m x kahden peräkkäisen kaidetolpan keskiakselin välinen suurin etäisyys metreinä. (SFS-EN 14122-3, 2010, 26.)

Kaiteen korkeus voi alittaa 1100 mm, jos tilaa on rajallisesti koneen käytön takia (ks. kuvio 3). Kyseisissä tapauksissa on käytettävä lisätoimenpiteitä putoamisvaaran takia. Lisätoimenpiteenä voivat toimia esimerkiksi kaiteet, joiden yläosat ovat tasolle päin taivutettuja. Kaide- eli pystytolppien välinen etäisyys toisistaan saa olla enintään 1500 mm. Käsijohteiden päät on muotoiltava siten, että terävistä reunoista ei aiheudu vaaraa käyttäjille. Kaiteiden tulee myös olla muodoltaan ja ominaisuuksiltaan sellaisia, että ne estävät vaatteiden takertumista niihin. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 18.)



Kuvio 3. Vaatimuksia suojakaiteen mitoitukselle. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 20.)

4.3.3 Kiinteän kulkutien valinta

Koneiden kulkuteitä suunniteltaessa porrastikkaita ja tikkaita on vältettävä niin pitkälle kuin käytännössä on vain mahdollista, koska ne aiheuttavat suuremman puutoamisriskin ja molempien käytöstä aiheutuu isompi fyysinen rasitus. Työ- ja huolto-kohteisiin pitää päästä lattian tasolta. Erityisesti hallintaelimiin ja muihin koneen osiin, joihin on päästävä usein tulisi olla mahdollisimman vaivaton luoksepäästävyys. (Sinisammal 2001, 10.)

Koneille oltavat kulkutievaihtoehdot tulevat seuraavassa ensisijaisuusjärjestyksessä:

1. Pääsy suoraan maan tasolta tai lattialta
2. Hissi, luiska tai portaat
3. Porrastikkaat tai tikkaat (SFS-EN ISO 14122-1 + A1, 2010, 12.)

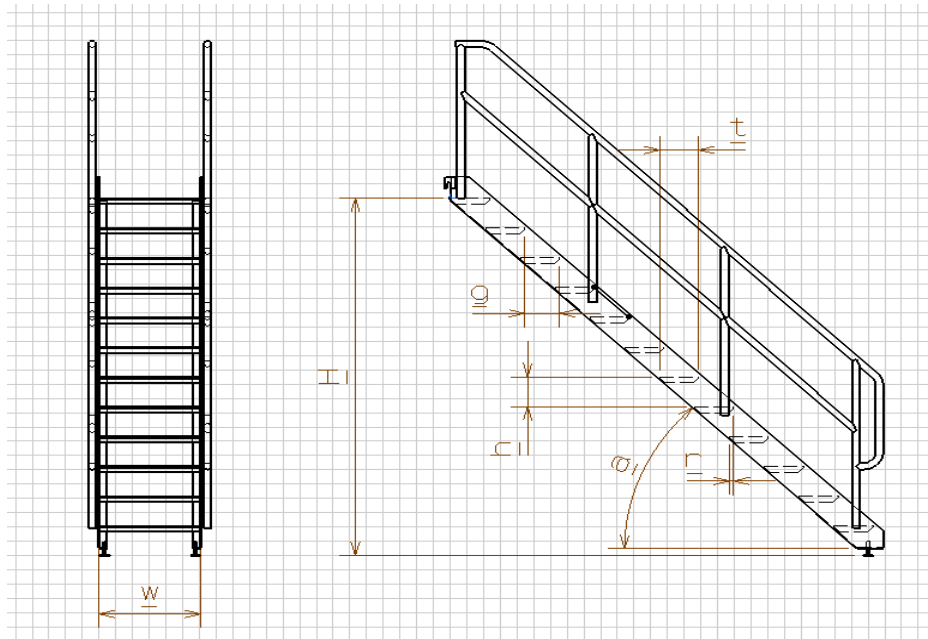
4.3.4 Kiinteän kulkutien valinta kahden tason välille

Ensisijaisesti käytetään aina 30°-40° asteen portaita, jos vaihtoehtoina ovat portaat, porrastikkaat ja tikkaat. Jos portaita ei voida käyttää esimerkiksi tuotannollisista syistä, niin tulee valita yli 45° enintään 70° porrastikkaat. Jos sekään ei ole mahdollista niin viimeisenä vaihtoehtona käytetään tasoaskelmilla varustettuja tikkaita, jotka ovat 70°-90°. (SFS-EN 1034-1 + A1, 34.)

4.3.5 Turvallisuusvaatimukset portaille

Portaista puhutaan, kun nousukulma ylittää 20° ja on enintään 45°. EU-standardi SFS-EN ISO 14122-1 määrittelee, että kulman tulisi olla mieluiten 30°-38° välillä, koska se on turvallinen ja sopiva perusratkaisu. Paperikoneilla käytetään enimmäkseen 45 asteen portaita. (Sinisammal 2001, 4.)

Portaiden etenemän, g :n ja nousun, h :n on täytettävä seuraava yhtälö: $600 \text{ mm} \leq g + 2h \leq 660 \text{ mm}$. Askelmien limityksen r :n tulee olla $\geq 10 \text{ mm}$. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 14.) Kuviossa 4 on esitelty portaiden osat ja sen alla olevassa taulukossa 1 on merkintöjen selitykset.



Kuvio 4. Portaiden ja porrastikkaiden merkinnät. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 10.)

Taulukko 1. Portaiden merkintöjen selitykset.

Merkintä	Selitys
H	Nousukorkeus
g	Etenemä
h	nousu
r	Limitys
α	Nousukulma
W	Leveys
t	Askelman syvyys

Saman porraskakson nousun tulee olla vakio aina kun se on mahdollista. Jos siitä joudutaan poikkeamaan hyvin perusteltujen syiden takia niin nousu saa pienentyä enintään 15 %. Portaiden ylimmän askeleen tulee aina olla samalla tasolla tasanteen kanssa. Kulkukorkeuden on oltava vähintään 2300 mm. Portaiden vapaa leveys saa olla vähintään 600mm, mutta 800mm on suositeltu leveys. Jos useampi henkilö käyttää tavallisesti portaita, niin leveyden pitää olla vähintään 1000 mm. Mikäli on vain yksi porraskakso, niin nousukorkeuden tulee olla enintään 4000 mm ilman lepotasannetta. Jos portaita on useampi jakso, niin yksittäisen porraskakson nousukorkeus ei saa olla suurempi kuin 3000 mm. Porraskakso on katkaistava aina lepotasolla, jos nousukorkeus on sitä suurempi. Lepotason vaatimuksena on, että sen pituuden tulee

olla vähintään 800 mm, mutta sen on oltava myös vähintään yhtä leveä kuin portaat. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 14, 16.)

Portaissa tulee olla molemminpuoliset käsijohteet silloin, jos portaiden leveys on 1200 mm tai suurempi. Muuten niissä tulee olla vähintään yksi käsijohde. Käsijohteen pystysuora etäisyys voi olla 900 mm-1000 mm askelreunan yläpuolella ja minimissään 1100 mm tasanteen kävelytasolla. Portaiden suojakaiteen käsijohteen halkaisijan tulee olla väliltä 25 mm-50 mm tai sen on oltava muuten sopivan muotoinen, että siitä saa hyvän otteen. Portaiden suojakaiteessa on oltava ainakin yksi välijohte. Vapaa tila käsijohteen ja välijohteen välillä samoin kuin portaan sivupalkin ja välijohteen välillä ei saa olla yli 500 mm. (SFS-ISO 14122-3 + A1, 2010, 22, 24.)

Jos portaat on suunniteltu hätäpoistumistieksi, on niiden täytettävä poistumisteihin liittyvät säädökset. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 16.)

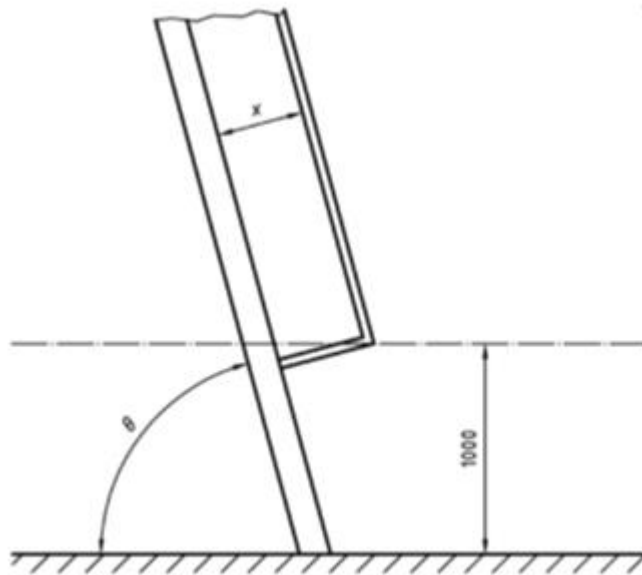
4.3.6 Porrastikkaiden turvallisuusvaatimukset

Silloin kun nousukulma on yli 45° ja enintään 75°, kyseessä ovat porrastikkaat. Jos koneen ympäristössä tai teollisuuslaitoksessa ei ole riittävästi tilaa tai mahdollista noudattaa porrastikkaiden kaikkien vaatimusten lukuarvoja, voidaan käyttää muita arvoja, mutta kuitenkin siten että turvallisuus pysyy riittävällä tasolla. (Sinisammal 2001, 5.)

Askelmien syvyyden t :n tulee olla vähintään 80 mm ja nousun korkeintaan 250 mm. Askelmien tai tasanteen limitys tulee olla ainakin 10 mm. Porrastikkaiden suojakaiteiden tai sivupalkkien välisen vapaan tilan sallittu vaihteluväli on 450 mm-800 mm, mutta 600 mm on suositeltu arvo. Kulkukorkeus saa olla vähintään 2300 mm ja yksittäisen porrasjakson nousukorkeus ei saa ylittää 3000 mm. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 16.)

Porrastikkaiden vaatimuksena on aina, että niissä tulee olla molemminpuoliset käsijohteet. Porrastikkaan alareunasta mitattuna käsijohteen tulee alkaa viimeistään 1000 mm:n korkeudelta. (ks. kuvio 5). Porrastikkaiden käsijohteen ja nousulinjan välinen mitta x on riippuvainen nousukulmasta. Esimerkiksi jos nousukulma on 60 as-

tetta, niin etäisyys on 250 mm tai jos nousukulma on 75 astetta, niin käsijohteen etäisyys nousulinjasta on 100 mm. Käsijohteen etäisyys lähimpiin pintoihin tulee olla vähintään 100 mm. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 22, 24.)



Kuvio 5. Käsijohteen sijainti ja etäisyys tasosta. (SFS-EN ISO 14122-3 + A1, 2010, 24.)

4.3.7 Materiaaleja ja mitoitusta koskevat vaatimukset

Suunnitteluvaiheen aikana selvitetään hoitosiltojen käyttötarkoitukset ja sijoituskohdeet, joiden perusteella valitaan sopivat materiaalit. Yleisimmät materiaalit ovat maalattu rakenneteräs ja kuumasinkitty teräs. Käytössä on myös jonkin verran huomattavasti kalliimpia materiaaleja, kuten haponkestäviä ja ruostumattomia teräksiä. Tämä johtuu siitä, että tietyt teollisuusprosessit asettavat kovempia vaatimuksia materiaaleille, joissa hoitosillat voivat altistua erilaisille syövyttävälle ja kuluttaville aineille. (Sinisammal 2001, 13.)

Hoitosilloissa käytettävien aineiden on kyettävä vastustamaan ja kestämään ympäristöolosuhteista aiheutuvaa syöpymistä niiden ominaisuuksien tai niille tehtyjen erilaisten käsittelyjen ansiosta. Kaikki osat tulee suunnitella niin, että ne estävät vammojen aiheutumista eivätkä myöskään haittaa kulkemista. Askelmien ja tasanteiden pintojen pitokyvyn tulee olla tarpeeksi hyvä estämään liukastumisvaara. Porteista ei saa aiheutua vaaratekijöitä esimerkiksi putoamisvaaraa, niitä avatessa tai sulkiessa.

Koko hoitosiltarakenne täytyy saada tarpeeksi jäykäksi ja vakaaksi turvallisuuden kannalta kiinnittimien, saranoiden, kiinnityskohtien, tukien ja kiinnityskappaleiden avulla. Askelmat ja tukirakenteet tulee suunnitella niin, että ne kestävät niille tarkoitettut vähimmäiskuormitukset. (SFS-EN 14122-3 + A1, 2010, 14.)

4.3.8 Turvallisuusvaatimukset kiinteille tikkaille

Tikkaat on tarkoitettu nousuteiksi. Se on niiden ainoa käyttötarkoitus. Tikkaiden tulee olla tukevasti kiinnitettyjä ja tarkoituksenmukaisilla käsijohteilla varustettuja. (Sisämmäl 2001, 5.)

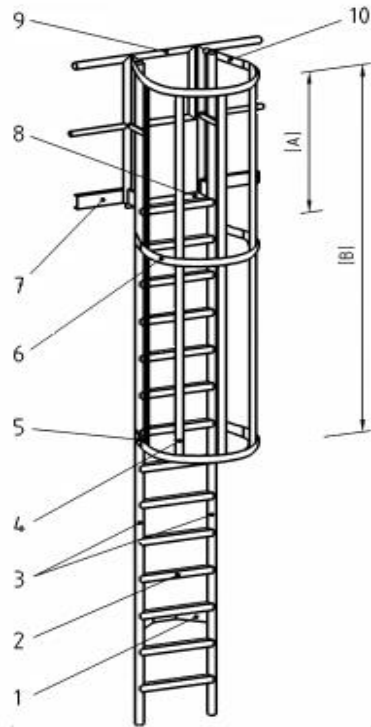
Käyttäjien turvallisuuden takaamiseksi tikkaiden liitoselimien, saranoiden, tukien, kiinnityspisteiden ja -kannakkeiden avulla koko rakenne täytyy saada hyväksytylle tasolle jäykkyyden ja vakauden suhteen normaaleissa käyttöolosuhteissa. Kiinnityspisteiden ja niiden osien on kyettävä kantamaan 3000 N kuorma johdettua kohden. (SFS-EN ISO 14122-4, 2010, 16-18.)

Tikkaiden peräkkäisten puolien välimatkan tulee olla vakio ja sen on oltava 225 mm-300 mm välillä. Pystyjohteiden välisen vapaan etäisyyden tulee olla 400mm-600mm välillä. Mutta 300 mm-400 mm on sallittu, jos välittömän ympäristön takia on mahdollonta käyttää suurempaa leveyttä. Ensisijaisesti tulee kuitenkin etsiä uutta sijaintia 400 mm-600 mm leveille tikkaille. (SFS-EN ISO 14122-4, 2010, 28, 32.)

Puolien askelpintojen tulee estää liukastumiselta, eikä niistä saa aiheutua vahinkoa käyttäjille. Tikkaissa pitää olla putoamissuojausväline, jos tikasjakso on korkeudeltaan yli 3000 mm tai jos tikasjakson korkeus on 3000 mm tai vähemmän, mutta lähialueelta on putoamisvaara. (SFS-EN ISO 14122-4, 2010, 27, 34.)

Ensisijainen tikkaiden putoamissuojausväline on selkäsuoja. Se on aina paikoillaan ja sen turvatoiminta ei ole käyttäjästä riippuvainen, vaan aina sama. Selkäsuojan alakaaren tulee alkaa lähtötasolta tarkasteltuna 2200 mm-3000 mm korkeudelta ja sen kaaren vapaan sisämitan on oltava 650 mm-850 mm. Selkäsuoja ei ole tarpeellinen, mikäli tikkaita ympäröivät rakenteet suojaavat putoamisvaaralta selkäsuojan tavoin. Selkäsuojan lujuusvaatimus täyttyy, kun 1000 N pystysuora kuormitus tai 500 N vaakasuora kuormitus eivät kummatkaan saa aikaiseksi yli 10 mm pysyvää muodonmuutosta. Selkäsuojuksen, tikkaiden sivujen ja johteiden tulee ulottua vähintään 1100

mm yläpuolelle tasosta, johon tikkaat nousevat. Kuviossa 6 ja sitä seuraavassa taulukossa 2 on esitelty ja nimetty kiinteiden tikkaiden kaikki osat. (SFS-EN ISO 14122-4, 2010, 18, 28, 34.)



Kuvio 6. Kiinteiden tikkaiden osat. (SFS-EN ISO 14122-4 + A1, 2010, 14.)

Taulukko 2. Tikkaiden merkintöjen selitykset.

Merkintöjen selitykset	
1	Kiinnityskannatin
2	Puola
3	Tikkaan pystyjohde
4	Selkäsuojan pitkittäissauvat
5	Alakaari
6	Välikaari
7	Jalkalista
8	Tasoaskelma
9	Portti
A	Poistumisjakso
B	Selkäsuoja

4.4 Suojukset ja turvaetäisyydet





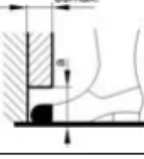



Turvaetäisyyksiä koskevat standardit määrittelevät lyhimmän etäisyyden aukosta tai kaiteen yli vaarakohtaan. Niiden mukaisesti vaarakohdan on oltava niin kaukana, ettei siihen ylety jalalla tai kädellä edes yritettäessä. Hoitosiltojen käyttäjät eivät saa yltää vaarakohtiin niillä liikkueessaan ja työskennellessään. Turvaetäisyyksien on oltava standardien mukaisia, jos liikkuvia osia, kuumia pintoja tai muita vaarakohtia ei ole suojattu. (Sinisammal 2001, 7.)

Koneesta ja laitteista aiheutuvia mahdollisia riskejä voidaan vähentää tai poistaa kokonaan oikeiden turvaetäisyyksien avulla. Tässä osiossa käydään läpi turva- ja vähimmäisetäisyyksiä puristumisvaarojen ehkäisemiseksi, jotta vältetään kehon ja kehonosien ulottuminen vaara-alueelle.

4.4.1 Puristumisvaaran turvaetäisyydet

Puristumisvaaravyöhykkeellä tarkoitetaan vyöhykettä, jossa keho tai jokin sen osa voi altistua puristumisvaaralle. Vaara syntyy, jos kaksi liikkuvaa osaa liikkuu toisiaan kohti tai jos liikkuva osa liikkuu kiinteää osaa kohti. Silloin kun voidaan ennakoida puristumisvaaran aiheuttavan riskin kohdistumista eri kehonosille, niin tulee soveltaa suurinta vähimmäisetäisyyttä, joka määräytyy kyseisen kehonosan mukaan. Seuraavaksi esiintyvistä taulukosta 3 käy ilmi vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi. Taulukon mitat ovat millimetreissä. (SFS-EN 349 + A1, 2008, 7-8.)

Taulukko 3. Vähimmäisetäisyyksien lukuarvot. (SFS-EN 349 + A1, 2008, 10.)

Kehonosa	Vähimmäismitta <i>a</i>	Kuva
Vartalo	500	
Pää (epäedullisin asento)	300	
Jalka	180	
Jalkaterä	120	
Varpaat	50	
Käsivarsi	120	
Käsi Ranne Nyrkki	100	
Sormi	25	

4.4.2 Turvaetäisyydet ylä- ja alaraajoille

Yläraajoille sekä alaraajoille on olemassa omat erilliset turvaetäisyydet, joilla estetään raajojen ulottumista ja pääsyä vaaravyöhykkeelle. Kyseisiä etäisyyksiä voidaan soveltaa silloin, kun riittävä turvallisuus voidaan saavuttaa pelkästään etäisyyden

avulla. Turvaetäisyyksien on tarkoitus suojata henkilöitä, jotka yrittävät ulottua vaaravyöhykkeelle ilman mitään apuvälineitä ja niissä olosuhteissa mitkä ovat määritellyjä erilaisille ulottumistilanteille. Riskin arvioinnissa mietitään määritettävät turvaetäisyydet sen perusteella, että onko riski pieni vai suuri. Turvaetäisyyksien arvot määräytyvät riskien pohjalta. Riskin arviointi perustuu vamman esiintymisen todennäköisyyteen ja ennakoitavissa olevaan vakavuuteen. Turvaetäisyydet mitataan pinnasta ja kehon tai kehonosan ulottumista. (SFS-EN ISO 13857, 2008, 10, 12.)

Seuraavissa taulukoissa 4 ja 5 esitetään turvaetäisyydet suojarakenteen yli ulottumiseen riippuen siitä, että onko riski pieni vai suuri. Jos taulukoiden tunnetut lukuarvot a, b tai c ovat taulukon lukuarvon välissä, niin tulee käyttää suuremman turvallisuustason lukuarvoja. Kaikkien taulukoiden mitat ovat millimetreissä.

Taulukko 4. Turvaetäisyydet suojarakenteen yli ulottumiseen. (pieni riski) (SFS-EN ISO 13857, 2008, 16.)

Vaaravyöhykkeen korkeus ^b a	Suojarakenteen korkeus ^a b								
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500
	Vaakasuoja turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen, c								
2 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2 200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2 000	1 100	900	700	600	500	350	0	0	0
1 800	1 100	1 000	900	900	600	0	0	0	0
1 600	1 300	1 000	900	900	500	0	0	0	0
1 400	1 300	1 000	900	800	100	0	0	0	0
1 200	1 400	1 000	900	500	0	0	0	0	0
1 000	1 400	1 000	900	300	0	0	0	0	0
800	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1 200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	200	0	0	0	0	0	0	0

^a Korkeudeltaan alle 1 000 mm suojarakenteita ei ole otettu mukaan, koska ne eivät rajoita kehon liikettä riittävästi.
^b Yli 2 500 mm korkeudella olevien vaaravyöhykkeiden osalta ks. kohta 4.2.1.

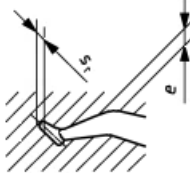
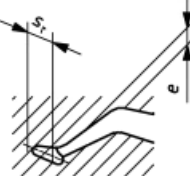
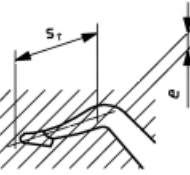
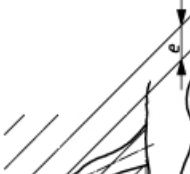
Taulukko 5. Turvaetäisyydet suojarakenteen yli ulottumiseen. (suuri riski) (SFS-EN ISO 13857, 2008, 18.)

Vaaravyöhykkeen korkeus ^c <i>a</i>	Suojarakenteen korkeus ^{a, b} <i>b</i>									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen, <i>c</i>									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Korkeudeltaan alle 1 000 mm suojarakenteita ei ole otettu mukaan, koska ne eivät rajoita kehon liikettä riittävästi.
^b Korkeudeltaan alle 1 400 mm suojarakenteita ei suositella käytettäväksi ilman täydentäviä suojaustoimenpiteitä.
^c Yli 2 700 mm korkeudella olevien vaaravyöhykkeiden osalta ks. kohta 4.2.1.

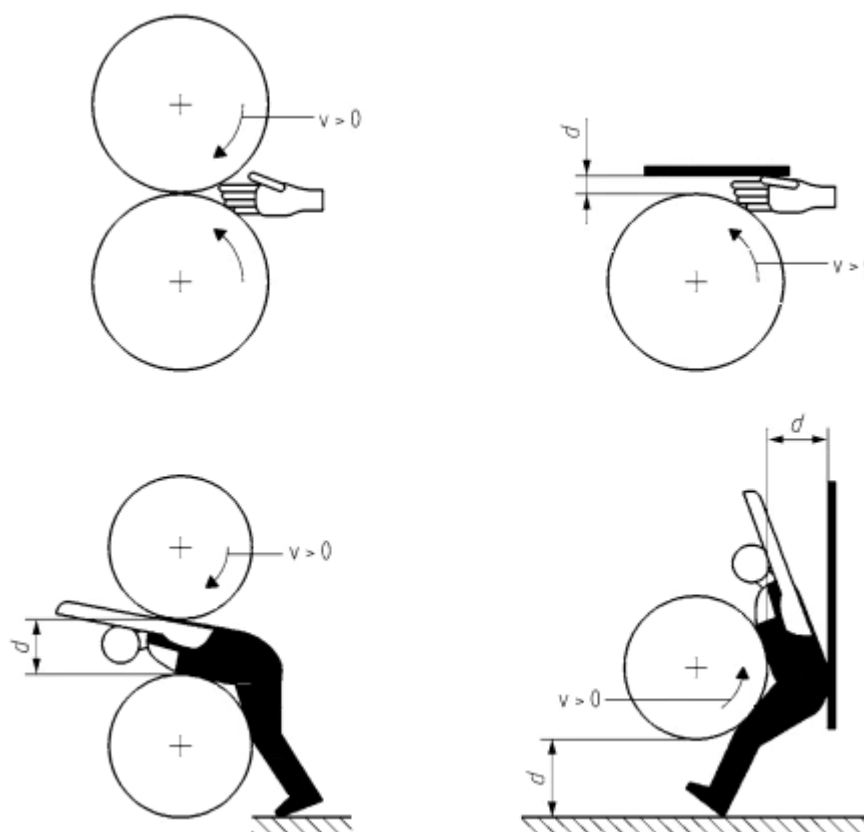
Seuraavan alaraajojen turvaetäisyyksiin liittyvän taulukon 6 arvot eivät riipu jalkineista tai vaatetuksesta ja koskevat vähintään 14 vuotta täyttäneitä henkilöitä.

Taulukko 6. Ulottuminen säännöllisen muotoisten aukkojen läpi alaraajoilla. (SFS-EN ISO 13857, 2008, 30.)

Alaraajan osa	Kuva	Aukko	Turvaetäisyys, s_r	
			Pitkänomainen	Neliö tai pyöreä
Varpaan pään		$e \leq 5$	0	0
Varvas		$5 < e \leq 15$	≥ 10	0
		$15 < e \leq 35$	$\geq 80^a$	≥ 25
Jalka		$35 < e \leq 60$	≥ 180	≥ 80
		$60 < e \leq 80$	$\geq 650^b$	≥ 180
Sääri (varpaan päästä polveen asti)		$80 < e \leq 95$	$\geq 1\,100^c$	$\geq 650^b$
Sääri (varpaan päästä haaroihin asti)		$95 < e \leq 180$	$\geq 1\,100^c$	$\geq 1\,100^c$
		$180 < e \leq 240$	Ei sallittu	$\geq 1\,100^c$
<p>^a Jos pitkänomaisen aukon pituus ≤ 75 mm, turvaetäisyyttä voidaan pienentää arvoon ≥ 50 mm. ^b Arvo vastaa arvoa säärelle (varpaan päästä polveen asti). ^c Arvo vastaa arvoa säärelle (varpaan päästä haaroihin asti).</p>				
HUOM. Pitkänomaiset aukot, joilla $e > 180$ mm, ja neliömäiset tai pyöreät aukot, joilla $e > 240$ mm, tekevät mahdolliseksi koko kehon mahtumisen aukosta (ks. myös kohdan 1 viimeinen kappale).				

4.4.3 Nielukohtien turvaetäisyydet ja suojusten tarve

Nielut ovat sylinterien tai pyörivien telojen muodostamia vaarakohtia, joihin henkilöt, vaatteet tai kehon osat voivat joutua vedetyksi. Nieluja on vastakkaisiin suuntiin pyörivien osien välissä, pyörivän osan ja lähellä olevan kiinteän osan välissä tai samaan suuntaan pyörivien osien välissä, kun niiden pintaominaisuudet ja kehänopeudet ovat erilaisia, eivätkä turvaetäisyydet ole riittäviä. Kuviossa 7 on esimerkkejä erilaisista nielukohdista. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 14.)



Kuvio 7. Esimerkkejä nielukohdista. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 16.)

Nielukohdista aiheutuvat vaarat tulee estää, mahdollisuuksien mukaan rajoittamatta koneen toimintaa, järjestämällä tarpeelliset etäisyydet kiinteiden osien ja pyörivien osien välille. Esimerkiksi jos koneen osien välillä on vähintään 500 mm vähimmäisetäisyys nielukohdassa, niin koko kehon nieluun joutumisen vaara on estetty. Ja jos koneen osien välillä on vähintään 120 mm vähimmäisetäisyys nielukohdassa, niin käsivarren nieluun joutumisen vaara on estetty. Käsivarrelle tarkoitetun vähimmäisetäisyyden käyttö on vain silloin sallittua, jos koko keho ei voi ulottua nielukohtaan. Sellaiset nielut, joista ei pystytä poistamaan niihin joutumisen vaaraa tulee suojata suojuksien avulla. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 24.)

Koneen erilaiset kiinteät osat voivat toimia kokonaan tai osittain suojuksen osina, jotka estävät pääsyn vaarakohtaan. Pyöreät rakenteet muodostavat uusia nielukohtia, jolloin ne eivät sovellu suojiksi nieluihin. Pyörivän koneen osan ja suojuksen välisen aukon tulee olla mahdollisimman pieni ja enintään 8mm. (SFS-EN 1034-1 + A1, 2010, 26.)

4.5 Muita huomioitavia asioita

Tässä osiossa luetellaan muita hoitosiltoihin liittyviä oleellisia asioita, joita ei käsitellä tässä työssä pintaraapaisua enempää.

- Kannakointi. Kaikki hoitosillat kannakoidaan eli tuetaan. Yleinen suoran kannattimen peruspalkki on RHS putkea 200x100 ja seinämäpaksuudelta 6 mm.
- Ritolan valinta. Yksi yleinen ritilätyyppi on 21 x 75/25 x 2 puristehitsattu ritilä.
- Porttien käyttö. Portit oltava itsestään sulkeutuvia ja avautumissuunta on aina tasolle päin.
- Pakoetäisyydet ja umpikujat. Kulkutason päättymistä umpikujaan vältettävä.
- Liikuteltavan hoitosillan käyttö ja lukitseminen.
- Irrotettava suojakaide ja sen lukitseminen.
- Nippisuojan käyttö.
- Työtason kehikon pituus ja kantoväli.
- Portaiden ja työtason suojakaiteen etäisyys. Tilaa tulee olla min. 100 mm.
- Ihmismallit mallinnuksessa. Käyttö mittasuhteiden havainnollistamisessa.
- Asennuksessa huomioitavat asiat.

4.5.1 Tarkistuslista

Tarkistuslista käsittää asiat, joita olisi hyvä tarkastaa hoitosiltojen suunnittelun ja mallintamisen yhteydessä.

- Mahdolliset yhteen törmäilyt (viiranvaihtolaitteet).
- Sallitut kannatusvälit.
- Kulkutasojen päättymistä umpikujaan vältettävä.
- Pakoetäisyys saa olla enintään 25 m. Koskee hoitosiltojen jokaista kohtaa.
- Selkäkaaren tarpeellisuus mahdollisissa käyttöpuolen tikkaissa.
- Kompastumisvaarat poistettava/minimoitava.
- Mahdollisten irrotettavien kaiteiden tolppien on oltava upotettuja.
- Kannakoinnissa kannattimien laput eivät saa törmätä muihin rakenteisiin.
- Viiran vaihdossa hoitosillat eivät saa olla tiellä.

5 Kunnossapito

5.1 Kunnossapidon määritelmä

Termi kunnossapito voidaan määritellä monin eri tavoin ja sanoin. Kunnossapito on tuttu käsite lähes kaikille. Maalaisjärkeä käyttäen voidaan ymmärtää sen perusidea jakamalla termi sanoihin kunnossa ja pito. Kunnossapitoa tapahtuu jatkuvasti kaikkialla. Yksi tapa on määritellä se niin, että se tarkoittaa laitteiden ja koneiden huolehtimista siten, että ne toimisivat halutulla tavalla. Kunnossapito on laitteiden toiminnan ylläpitoa ja palauttamista siihen kuntoon, että ne toimivat odotetulla tavalla. Kunnossapidon keinojen avulla vikaantumisia pystytään ennustamaan, ehkäisemään ja hallitsemaan. Kunnossapidosta puhutaan yleensä teollisuuteen ja erilaisten hyödykkeiden tuotantoon liittyen. Riittävällä ja oikein suunnittelulla kunnossapidolla halutaan yleensä saavuttaa jokin tietty tulos tai päästä haluttuun päämäärään.

Kirjallisuudessa kunnossapito määritellään usein eri tavoilla.

EU:n standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”. (SFS-EN 13306, 2010, 8.)

Suomenkielisessä PSK 6201 -standardissa kunnossapito määritellään seuraavasti:

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”. (PSK 6201, 2011, 2.)

5.2 Kunnossapidon merkitys ja tavoitteet

Kunnossapidon merkitys ja määrä on kasvanut siitä lähtien kun ihminen on ensimmäisen kerran rakentanut ja alkanut käyttää koneita. Kunnossapitotoiminta on muuttunut ja kehittynyt valtavasti siitä, kun se miellettiin pelkästään korjaavaksi toimeksi. (Järviö & Lehtiö 2012, 21.)

Varsinkin kunnossapidon erityisosaamisen merkitys on korostunut. Erityisesti ennakkoivasta kunnossapidosta on tullut hyvin tärkeä teollisuudessa, koska on huomattu, että sen avulla säästetään merkittävästi aikaa ja rahaa. Korjausajat lyhenevät ja laiterikkoja sekä vikaantumisia estetään ennako- ja määräaikaishuolloilla. Tuottavuutta on parannettava kaiken aikaa tiukassa kilpailussa. (Metsäteollisuus 2007)

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat tuotannon kokonaistehokkuus (KNL) ja käyttövarmuus, joiden tulisi olla mahdollisimman korkealla tasolla. Hyvin toteutetuna edellä mainitut käsitteet auttavat saavuttamaan riittävän käytettävyyden ja käyttöasteen. Toiminnan luotettavuus edellyttää hyvää käyttövarmuutta. Pääideana on huolehtia laitteiden, koneiden ja rakennuksien kunnosta siten, että tuotanto voi jatkua vallitsevissa olosuhteissa halutun ajan vaaditulla tuottavuustasolla. Tavoitteiden saavuttamista mitataan kunnossapidon tunnusluvuilla, joista yleisimmät löytyvät PSK 7501 2010 -standardista. (Järviö & Lehtiö 2012, 59)

5.3 Kunnossapidon historia ja kehittyminen

Kunnossapito on muuttunut pelkästä korjaavasta toimesta tuotanto-omaisuuden hoitamiseksi. Kehityksen kulku on jaettu neljään sukupolveen.

Aikojen alusta lähtien ihmisillä on ollut tarve huoltaa ja korjata välineitään sekä laitteitaan kaikkein alkeellisimmista työkaluista alkaen. Kunnossapidon alkuaikoina laiterikot johtuivat pääosin väärinkäytöstä tai liiallisesta kovakouraisuudesta, jota vieläkin esiintyy silloin tällöin. Entisaikaan kunnossapitotoimia suoritettiin, kun työkalut tai laitteet rikkoontuivat niin, että niitä ei voitu enää käyttää. Hiljalleen ajan kuluessa alettiin käyttää termejä kuten vikaantuminen ja reagoiva kunnossapito. (Maintenance In History n.d.)

Ensimmäisen sukupolven kunnossapidon tunnuspiirteitä olivat koneiden ja laitteiden yksinkertaisuus. Ajanjaksolla yleisin vikaantumistapa oli ajasta riippuva vikaantuminen. Koneiden ja laitteiden ylityö oli hyvin yleistä ja tietotaidon taso oli matalaa luokkaa. Vikojen syyt selvisivät yleensä helposti ja korjaukset eivät olleet vaikeita toimenpiteitä. (Järviö & Lehtiö 2012, 21.)

Kun puhutaan toisen sukupolven kunnossapidosta, niin se mielletään usein alkaneeksi toisen maailmansodan aikoihin. Teollisuus valmisti suuria määriä tarvikkeita ja

koneita sotaa varten. Puhuttiin myös termistä sotateollisuus. Automaation käyttö lisääntyi ja koneita jatkettiin pidemmiksi toimintaketjuiksi, jotta päästäisiin riittäviin tuotantomääriin. Koneet ja laitteet monimutkaistuivat verrattuna aiempaan. Monimutkaisemmat laitteet lisäsivät myös kunnossapidon määrää, sekä hallittavuutta ja osaamista syntyi lisää. Kohdattiin uusi vikaantumismekanismi, joka oli aikariippuvainen ja jossa esiintyi alkuaan ns. lastentauteja. (Järviö & Lehtiö 2012, 21–22.)

1950-luvulla japanilaiset insinöörit aloittivat uuden trendin kunnossapidossa. Konseptia alettiin kutsua ennakoivaksi kunnossapidoksi. Se perustui valmistajien laitteiden ja koneiden suositusten noudattamiseen ja huomioimiseen kunnossapidossa sekä koneiden operoinnissa. Sen tärkeyden ymmärrettyään tehtaiden johtajat loivat työntekijöiden ja spesialistien avulla ohjelmia voitelulle ja painottivat tarkastuskierrosten merkitystä, jotta laiterikkoja ehkäistäisiin. Tapa osoittautui hyväksi seisokkiaikojen lyhentymisen seurauksena, mutta se oli myös kallis vaihtoehto. Syy tähän oli, että koneiden osia vaihdettiin aikaan perustuvasti, vaikka ne olisivat kestäneet pidempään. Turhia ylimääräisiä miestyötunteja kului paljon ja monissa tapauksissa esimerkiksi liiallinen voitelu aiheutti enemmän haittaa kuin hyötyä. (Maintenance In History n.d.)

Ajanjakson tuloksena syntyi siis ennakoiva kunnossapito. Aluksi huoltoa tehtiin ennalta määritetyissä jaksoissa ja se oli lähinnä jaksoitettua huoltoa. Kunnossapidon suunnittelu ja johtaminen kehittyivät, sekä koneiden käytinvarmuudet paranivat. (Järviö & Lehtiö 2012, 22.)

Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys kasvoi kunnossapidon kolmannen sukupolven seurauksena. Sukupolvea pidetään alkaneeksi 1960–1970 luvuilla. Muutoksen synnytti amerikkalaisten avaruusprojektien konseptien ja innovaatioiden käyttöönotto teollisuudessa. (Järviö & Lehtiö 2012, 22.)

Uusi kunnossapidon ideologia oli TPM (Total Productive Maintenance) eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito. Se on yrityksen toiminnot kattava kunnossapitostrategia. Konsepti luotiin ja otettiin käyttöön 1960-luvulla ja se määritteli ammatillisemman ja enemmän suunnittelua painottavan lähestymistavan kunnossapitoon. Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys kasvoi, koska automaation lisäänty-

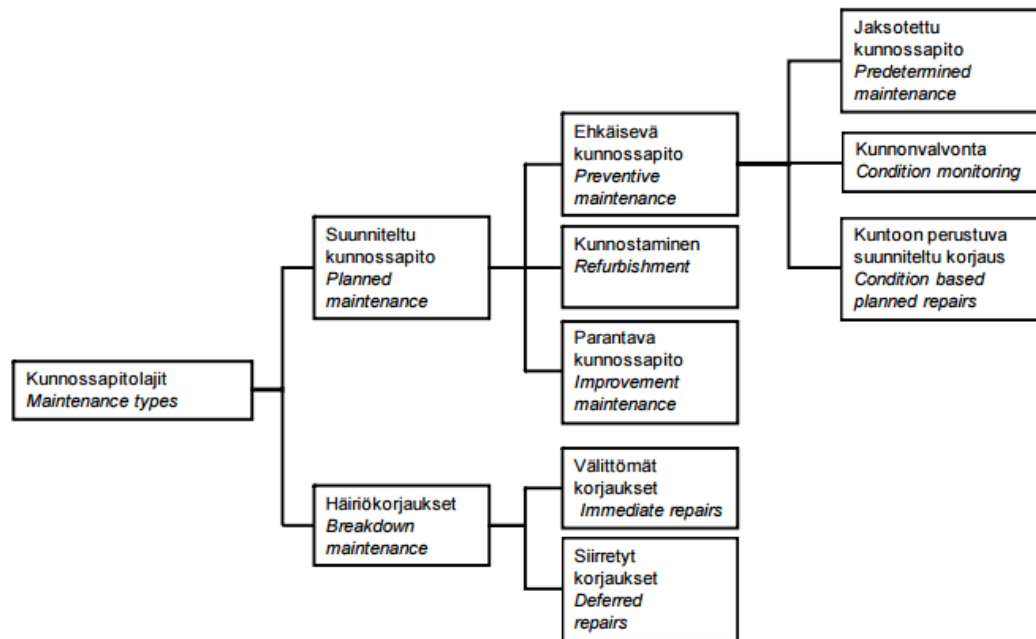
minen ja tuotantolaitteiden mekanismien määrät kasvoivat. Koneet, sekä niiden luotettavuus nousivat ensisijaiseksi asiaksi ja yritysten koko liiketoiminta alkoi muodostua entistä enemmän niistä riippuvaiseksi. Tuotteiden ja hyödykkeiden toimitusajat lyhenivät tunteihin, kun välivarastointeja pyrittiin välttämään kustannussyistä ja tuotteita valmistettiin lähinnä suoraan tilauksia vastaan. Käyttövarmuusvaatimukset asetettiin korkeammalle tasolle ja tutkimukset loivat uusia lähestymistapoja, näkökulmia ja tekniikoita kunnossapidolle. Globalisoitumisen myötä kilpailussa nousivat merkittäviksi tekijöiksi laatu, osaaminen, edullinen hinta ja toimitusvarmuus. Edellä mainittuihin tekijöihin vaikutetaan, kun koneiden käytettävyys ja luotettavuus hallitaan hyvin. Laatuun, ja sen tasaisuuteen panostettiin yhä enemmän. Ympäristöystävällisyys korostui aikakaudella ja ”vihreä ajattelu” nousi tärkeämpään asemaan ja sitä kehitetään edelleenkin jatkuvasti. (History In Maintenance n.d)

Viimeisin eli tälläkin hetkellä vallitseva kunnossapidon neljäs sukupolvi alkoi IT-teknologioiden ja mikroelektroniikan läpimurron yhteydessä 1990-luvulla. Sukupolvelle luonteenomaista ovat uudet teknologiat, kuten esimerkiksi elektroniikka, pneumatiikka, tietotekniikka ja kompleksiset tuotantovälineet. Kunnossapitäjien osaamisvaatimukset muuttuvat yhä haastavammiksi teknologian ja laitteiden kehittyessä monimutkaisemmiksi. Valmistusprosessien yhdistyminen ja lisääntynyt automaatio ovat nostaneet tuotantokoneiden kustannuksia. Kunnossapidon eri työkalujen ja testauslaitteiden hankintakulut ovat nousseet huomattavasti. Tuotteiden elinajat ovat lyhentyneet ja lyhenevät yhä joissakin tapauksissa kuukausiin tai jopa viikkoihin. Käynnin valvontaan on kehitetty uusia menetelmiä esimerkiksi sumea logiikka ja neuroverkot, jotka tehostavat kunnonvalvontaa. Etävalvonta on oleellinen osa nykypäivän kunnossapitoa. Kunnossapito on kehittynyt merkittävän paljon neljän sukupolven aikana ja käsittää nykyään lukemattoman määrän asioita ja sitä pidetäänkin nykyään monialaisena tieteenalajina. (Järviö & Lehtiö 2012, 23–24.)

5.4 Kunnossapitolajit

Kunnossapitotoimet on jaoteltu eri lajeiksi, jotta niitä seuraamalla ja vertailemalla voidaan arvioida kunnossapidon tehokkuutta, kustannuksia ja työtunteja. Kunnossapidon jaottelu eri lajeiksi varsinkin tuotantolaitoksissa on hyvän ja strategisen johtamisen perusedellytys.

Seuraavassa kuviossa 9 kunnossapito on jaoteltu PSK 7501 standardin mukaan.



Kuvio 8. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010, 32).

Jaottelusta on myös tehty vähän toisistaan eroavia variaatioita. Esimerkiksi standardi SFS-EN 13306:2010 jakaa kunnossapitotoimenpiteet vian mukaan joko ehkäiseväksi tai korjaavaksi kunnossapidoksi. Uudempi PSK 6201:2011-standardi tarkastelee asiaa hiukan eri näkökulmasta jakaen lajit sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön. PSK 7501:2010 standardin jakoperuste on sama kuin PSK 6201:2011 standardissa. Samaa jakoperustetta käytetään englanninkieliseen ammatikikirjallisuuteen käyttöön tullessa jaossa proaktiiviseen ja reagoivaan kunnossapitoon. Uudemmassa versiossa kunnonvalvontaan perustuvat lajit on yhdistetty kuntoon perustuvaksi kunnossapidoksi. (Järviö & Lehtiö 2012, 46.)

Yleisesti kunnossapitolajit jaetaan suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Suunniteltu kunnossapito sisältää ehkäisevän ja parantavan kunnossapidon sekä kunnostamisen. Ehkäisevä kunnossapito käsittää jaksotetun kunnossapidon, kunnonvalvonnan ja kuntoon perustuvan suunnitellun korjauksen.

Häiriökorjaukset ovat joko välittömiä tai siirrettyjä. Häiriökorjauksen tarkoitus on vikaantuneen kohteen palauttamista eli korjaamista toimintakuntoon ja alkuperäiseen

tilaan myös käyttöturvallisuuden osalta. Välittömät korjaukset tehdään heti vian havaitsemisen jälkeen. Jos korjaus siirretään myöhemmin tehtäväksi esimerkiksi tuotannollisista tai muista syistä johtuen, niin sitä kutsutaan siirretyksi korjaukseksi. (Mikkonen 2009, 97).

Yritysten ja ylipäättänsä kaiken tuotanto-omaisuuden hoitamiseen liittyy muitakin tekijöitä kuin pelkkä kunnossapito, kuten tekstissä on jo aiemmin annettu ymmärtää. Kunnossapidon tekemiset voidaan ryhmitellä viiteen päälajeihin: huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. Päälajeista kerrotaan seuraavaksi tarkemmin. (Järviö & Lehtiö 2012, 49.)

5.4.1 Huolto

Jaksotetun kunnossapidon toimenpide, joka sisältää kohteen tarkastamisen, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljynvaihdon, suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet (PSK 6201, 2011, 22.)

Jaksotettua kunnossapitoa ovat kaikki ne huoltotoimenpiteet, jotka tehdään suunnitellusti ja jaksoittain. Jaksotuksen perusteena ovat käyttöaika, kalenteriaika, tuotantomäärä tai käytön rasittavuus. Huollon tarkoituksena on ylläpitää kohteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vikaantumista tai estää vaurioituminen. Huollot ovat pääsääntöisesti jaksotettuja ja niitä suoritetaan määrävälein. Jaksotettuun huoltoon sisältyy toimintaedellytysten vaaliminen, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen ja toimintakyvyn palauttaminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 49–50.)

5.4.2 Ehkäisevä kunnossapito

Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä (SFS-EN 13306, 2010, 20.)

Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen (PSK 6201 2011, 22.)

Ehkäisevä kunnossapito voi olla aikataulutettua, jatkuvaa eli säännöllistä tai vain vaadittaessa tehtävää. Se tarkoittaa tyypillisesti kohteen suorituskyvyn ja/tai sen parametrien seuraamista erilaisin keinoin. Tavoitteena on vähentää kohteen toimintakyvyn heikkenemistä tai pienentää vikaantumisen todennäköisyyttä. Tulosten avulla voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon liittyy tarkastaminen, kuntoon perustuva kunnossapito, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. (Järviö & Lehtinen 2012, 50.)

Kunnonvalvonnan avulla määritetään kohteen nykyisen toimintakunnon tila ja arvioidaan sen kehittymistä mahdollisten korjaus-, vikaantumis-, tai huoltotoimenpiteiden ajankohdan selvittämistä varten. Kunnonvalvonnalla siis etsitään syntyviä vikoja tai todetaan, että kohde on toimintakuntoinen. Kunnonvalvontaa tapahtuu molempina seisokin aikana ja kohteen ollessa käynnissä. Kunnonvalvonnassa analysoitavia mitaustuloksia saadaan aistein sekä mittalaitteiden avulla tapahtuvien tarkastusten ja valvonnan kautta. Toimenpiteiden avulla saatuja tietoja käytetään korjausten ja ehkäisevän kunnossapidon suunnitteluun. Kuntoon perustuvat suunnitellut korjaukset ovat kunnonvalvonnan keinojen avulla havaittujen kohteiden suunnitellusti toteutettua korjaamista. (Mikkonen 2009, 97).

5.4.3 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306, 2010, 22.)

Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus (PSK 6201 2011, 23.)

Korjaava kunnossapito voi olla joko häiriökorjausta tai kunnostusta eli suunnittelematonta tai suunniteltua. Vikaantuneeksi todettu kohde palautetaan käyttökuntoon eli korjataan. Kohteen elinaika pystytään laskemaan kunnossapidon suoritusaikojen perusteella. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toimet: vian määrittäminen,

vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus tai väliaikainen korjaus ja toimintakunnon palauttaminen. (Järviö & Lehtinen 2012, 51.)

Kunnostaminen määritellään siten, että se on vaurioituneen ja käytöstä pois otetun tai kuluneen kohteen palauttamista käyttökuntoon. (Mikkonen 2009, 97.)

5.4.4 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa (PSK 6201, 2011, 23.)

Parantava kunnossapito jaetaan usein kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä kohteelle tehdään muutoksia uudempia osia ja komponentteja vaihtamalla, mutta kuitenkin juuri muuttamatta kohteen suorituskykyä.

Toisen pääryhmän tarkoitus on parantaa koneen luotettavuutta. Suorituskykyyn vaikuttaminen ei ole päätarkoitus, vaan kohdetta päivitetään korjauksilla ja uudelleen suunnittelulla.

Kolmanneksi tulevat modernisaatiot, jossa kohteen suorituskykyyn vaikutetaan, eli sitä yleensä parannetaan. Usein koneen modernisaation lisäksi pyritään uudistamaan myös siihen liittyvä valmistusprosessi. Parannukset ja modernisoinnit luokitellaan monesti investointitoiksi, eikä niitä liitetä osaksi kunnossapitoa. (Järviö & Lehtinen 2012, 51-52.)

5.4.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Kunnossapidon standardeissa ei ole määritelty kyseistä käsitettä. Vikahistorioiden ja riskianalyyysien käyttö on kuitenkin asiantuntijoiden mielestä yksi tärkeimmistä toiminnoista kunnossapidossa. Nykyaikaisten tuotantolaitosten koneissa on paljon toimintaa ohjaavia prosessoreita, jotka keräävät tietoa esimerkiksi koneen käyttötuesta, käyttöolosuhteista ja kuormituksesta. Dataa analysoimalla selviävät vian juurisyyt, jonka jälkeen voidaan suunnitella ja tehdä korjauksia, joiden vaikutukset ovat suuri koneen toiminnan luotettavuudessa sekä laadun tuottokyvyssä. Odotettavissa on, että jopa yli 90 % vikaantumisista voidaan pienentää näillä keinoin.

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen päätarkoitus on löytää vian perussyyn sekä vikamuoto. Vikamuoto on tapa, jolla kohteen kykenemättömyys suorittaa vaadittu toiminta ilmenee. Tulosten avulla suoritetaan kunnossapidolliset toimenpiteet, joilla estetään vahinkojen uusiutuminen. Tyypillisiä menetelmiä ovat vika-analyysi, vikaantumisen selvittäminen, simulointi, mallintaminen, juurisyyn selvittäminen, materiaalien- ja suunnittelun analyysit ja vikaantumispotentiaalin kartoitukset tai riskinhallinta. (Järviö & Lehtinen 2012, 52.)

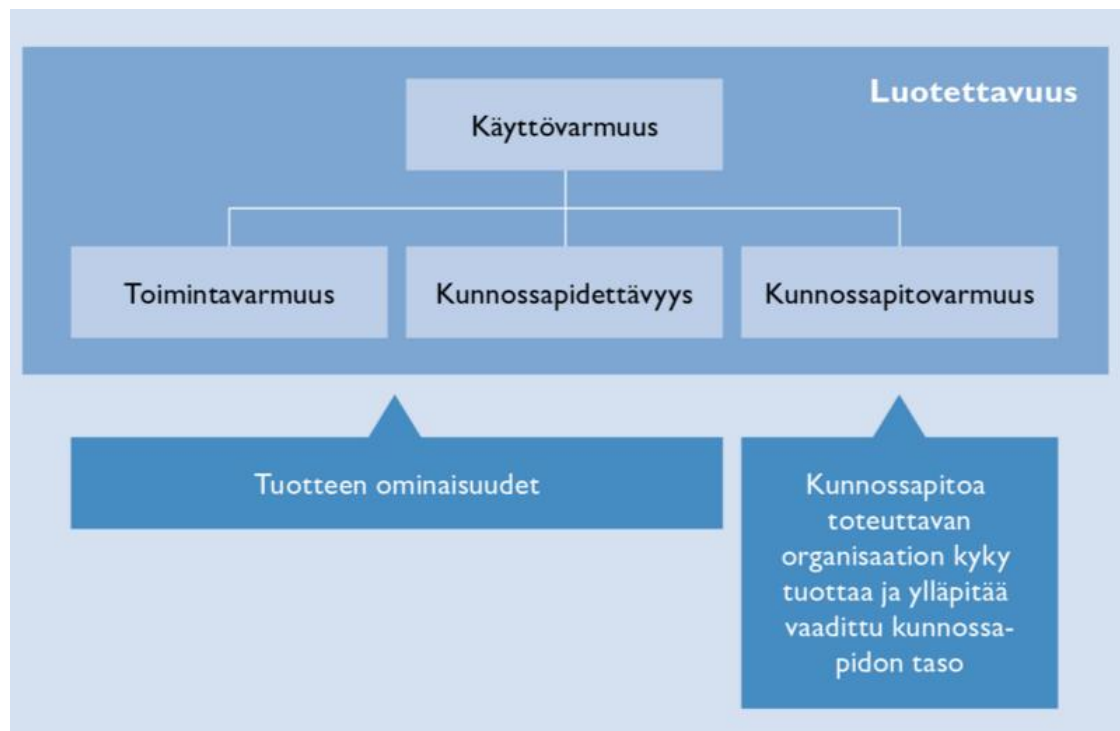
5.5 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Eli kohteen kykyä suorittaa siltä vaadittu toiminto tai tehtävä vaaditulla tavalla ja tietyissä olosuhteissa suunniteltuna ajankohtana olettaen, että vaadittavat ulkopuoliset resurssit ovat saatavissa. (PSK 6201, 2011, 7.)

Käyttövarmuus voidaan jakaa kahteen päätekijään:

1. Kohteen kyky toimia vikaantumatta
2. Kohteen palautettavuus käyttökuntoon sen vikaannuttua

Käyttövarmuuden tarkoitus on saada tuotanto mahdollisimman tehokkaaksi ja riskit vähäisiksi, kun se hallitaan ja suunnitellaan hyvin. Monesti se on ennakoivan kunnossapidon määrän kasvattamista ja kunnossapidon kohdentamista kriittisimpiin vikoihin ja niiden ehkäisyyn. Kokonaiskustannuksiin vaikuttavat käyttövarmuutta parantavat investoinnit ja suunnitteluratkaisut. Käyttövarmuus koostuu kuvion 10 mukaisesti toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. (Ramentor n.d.)



Kuvio 9. Käyttövarmuuden osatekijät (Kortelainen & Reunanen, Promaintlehti 2013).

Käsitteet käyttövarmuus, luotettavuus ja käytettävyys ovat hyvin lähellä toisiaan. Ne kaikki liittyvät toisiinsa ja niitä käytettäessä voi mennä helposti sekaisin. Käytettävyydellä tarkoitetaan todennäköisyyttä, että kohde on ehjä tarkastaessa sitä satunnaisena hetkenä. Se on käytännössä siis synonyymi käyttövarmuudelle. Luotettavuudella meinataan kohteen kykyä toimia ilman, että se vikaantuu. Luotettavuus on todennäköisyys sille, ettei kohde vikaannu kertaakaan tiettyyn aikamääreeseen mennessä eli käytännössä sama asia kuin toimintavarmuus. (Ramentor n.d.)

Käyttövarmuuteen liittyvät aikamääreet ovat:

- **MTBF** (Mean Time Between Failures) keskimääräinen vikaväli
- **MTTF** (Mean Time To Failure) keskimääräinen vikaantumisaika
- **MTTR** (Mean Time To Restoration) Keskimääräinen toipumisaika
- **MDT** (Mean Down Time) keskimääräinen seisokkiaika
- **MWT** (Mean Waiting Time) keskimääräinen odotusaika
- **MRT** (Mean Repair Time) keskimääräinen korjausaika (Ramentor n.d.)

Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa siltä vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Toimintavarmuutta voidaan määritellä myös todennäköisyyden avulla. (PSK 6201, 2011, 7.)

Toimintavarmuudelle olennainen mittari on keskimääräinen vikaväli MTBF. Toimintavarmuus muodostuu seuraavista tekijöistä: konstruktioista, luontaisesta toimintavarmuudesta, rakenteellisesta kunnossapidettävyydestä, asennuksesta, käyttöopastuksesta, tuotanto-omaisuuden huolehtimisesta ja tuotantokyvyn varmentamisesta. (Järviö & Lehtiö 2012, 54-55.)

”Kunnossapidettävyyys tarkoittaa kohteen kykyä olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja.” (PSK 6201, 2011, 8.)

Huollettavuus on synonyymi kunnossapidettävyydelle. sekä itse termi kuvaa sitä kuinka hyvin kohde on suunniteltu kunnossapitotoimien kannalta. (Ramentor n.d.)

Termi kunnossapidettävyyys on myös samalla kunnossapidettävyyden suure. Kunnossapidettävyyden mittarina on käytetty keskimääräistä korjausaikaa MTTR:ää. Kunnossapidettävyyys koostuu kohteen vian havaittavuudesta, huollettavuudesta ja korjattavuudesta. (Järviö & Lehtiö 2012, 55-56.)

Kunnossapitovarmuus määritellään standardissa seuraavasti:

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona. (PSK 6201 2011, 7.)

Standardissa mainitut olosuhteet tarkoittavat kohdetta itseään sekä sijaintia, jossa kohdetta käytetään ja kunnossapidetään. Kunnossapitovarmuudesta puhuttaessa käytetään myös sanaa huoltovarmuus. (Ramentor n.d.)

Kunnossapitovarmuuden yhteydessä mittarit ovat keskimääräinen odotusaika MWT, logistiset viiveet ja saatavuus. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat esimerkiksi: halinto, henkilöt, rutiinit, dokumentaatio, korjauskalusto, varaosat ja materiaali sekä kunnossapitohenkilöstö. (Järviö & Lehtiö 2012, 56.)

6 Ennakkohuoltosuunnitelma

6.1 Ennakoivan kunnossapidon hyödyt ja haitat

6.1.1 Hyödyt

Ennakoivan kunnossapidon avulla varmistetaan, että huoltoa tarvitsevat laitteet ajetaan alas ajoissa ja parhaimmillaan tämä tehdään juuri hetkeä ennen vikaantumista. Näin pienennetään laitteen kunnossapitämiseen kuluvaa aikaa ja säästetään kustannuksissa, kun toimenpide tehdään suunnitellusti ja työlle on varattu henkilöt valmiiksi sekä tarvittavat varaosat on jo etukäteen hankittu. (Predictive maintenance n.d.)

6.1.2 Haitat

Ennakoivassa kunnossapidossa kunnonvalvontaan tarvittavien ja käytettävien laitteiden investointeihin menevät kulut ovat usein suuret. Kunnonvalvonnan avulla saadun datan oikeanlaiseen tulkitsemiseen ja tarkan analysoinnin ymmärtämiseen tarvitaan korkeaa tietotasoa ja kokemusta. Nämä edellä mainitut asiat yhdistettynä voivat tarkoittaa kalliita alkuvaiheen kustannuksia. Jotkut yritykset ottavatkin aluksi alihankkijan suorittamaan kunnonvalvontaa minimoidakseen kunnonvalvontaohjelmasta aiheutuvia kuluja.

Kaikissa tuotanto-omaisuuden laitteissa esiintyvät viat eivät ole samanlaisia eivätkä laitteet noudata samaa vikaantumiskaavaa, jotka kannattaa huoltaa ennakoivan kunnossapidon keinoin. Kun valitaan sopivaa kunnossapitostrategiaa, niin on käytettävä harkintakykyä ja jokainen laite tulisi käydä erikseen läpi sopivan ratkaistun löytämiseksi. Tekniikat kuten luotettavuuskeskeinen kunnossapito mahdollistaa systemaattisen menetelmän sopivan strategian määrittämiseksi. (Predictive maintenance n.d)

6.2 Kunnossapito-ohjelman suunnittelu

Kunnossapito-ohjelman suunnittelu perustuu tässä työssä koneen toimintakunnon säilyttämiseen ja käytettävyyden ylläpitämiseen perustuen siihen, että kyseessä on

koekone, eikä sen tarkoitus ole tuottaa markkinoille hyödykkeitä. Toisin sanoen laitoksen tuloksella ei ole merkitystä. Suunnitelmaa ei sen takia lähdetä miettimään esimerkiksi tuotannon tehokkuuden tai tuotantomäärän näkökulmista. Kunnossapitostrategia valitaan sen perusteella, että sykleissä ajettavan koneen käynnissäpitoon perustuvat kunnossapidolliset toimenpiteet olisivat oikeanlaiset. Huoltosuunnitelman idea on, että sen avulla koekone olisi tarkoitus saada toimimaan siltä vaaditulla tasolla koko sen elinajan.

6.2.1 Huolto-ohjelma perustuvat strategioihin

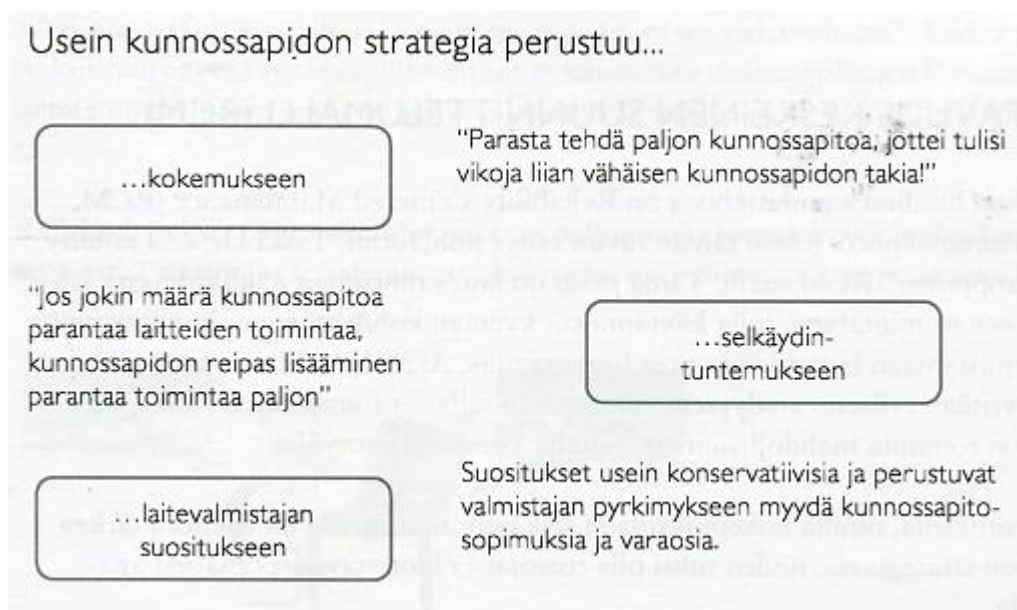
Yrityksen asiakasstrategiasta määritetään vaatimukset tuotantolinjojen toimimiselle. Sitä kutsutaan käynnissäpitostrategiaksi. Se on johdon tehtävä, joka jää monesti tekemättä. Strategian pohjalta asetetaan tavoitteet käynnissäpidolle ja johdetaan operatiiviset suunnitelmat esimerkiksi vuosisuunnitelma ja budjetti.

Käynnissäpidon strategiaan liittyy olennaisesti se mitä asioita organisaation kokonaistrategia vaatii tuotantolinjojen toiminnalta. Näkökulmia ovat:

1. Asiaksnäkökulma
 - täsmälliset toimitukset
 - asiakkaan hyväksymä laatu
2. Taloudellinen näkökulma
 - edulliset tuotantokustannukset
 - tuottavat investoinnit (tuotantolinjojen elinkaarituotto LCP)
 - korjaavasta kunnossapidosta ennakoivaan
3. Henkilöstönäkökulma
 - työturvallisuus, työmotivaatio
 - yhteistyö (käyttö, kunnossapito ja ulkoiset kp-toimittajat)
 - aloitteellisuus. (Laine 2010, 123.)

Kunnossapito-ohjelmat perustuvat hyvin usein koneiden valmistajien suosituksiin, joita muokataan ja hiotaan kunnossapidon käyttökokemuksen perusteella. Monesti laitevalmistajilla itsellään ei välttämättä ole dataa koneiden ja niiden komponenttien

toimivuudesta käytännön prosesseista ja tämän takia valmistajien huolto-ohjeet pohjautuvat joskus vain insinöörien hyviin arvauksia koneen komponenttien kulumisesta. Analyysia voidaan lähteä tekemään varaosien myyntitilastojen perusteella. Näin laitevalmistajien on vaikea kehittää huolto-ohjelmia itse käyttökokemuksen pohjalta. Huolto-ohjelmat muodostuvatkin silloin kuviossa 11 esitetyille perusteille. (Laine 2010, 124.)



Kuvio 10. "Vanhoja, hyviä" kunnossapito-ohjelman perusteita. (Laine 2010, 125.)

6.3 Huolto-ohjeiden laadinta

6.3.1 Taustateoriaa huolto-ohjelman rakentamiselle

Koneen tai tuotantolinjan myydessään laitetoimittajat toimittavat tyypillisesti niiden yhteydessä myös huolto-ohjelman. Kunnossapitotöitä voidaan alkaa tehdä toimitetun ohjelman mukaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole yleensä kovin kannattava ratkaisu, sillä ohjelmissa saattaa olla jotain tai useampia seuraavista tekijöistä:

1. Laitetoimittajien ohjelmissa on monesti turhia ja ylimääräisiä kunnossapitotehtäviä.
2. Huolto-ohjelmiin sisällytetään monesti liikaa osien vaihtoja, koska se on hyvää liiketoimintaa laitetoimittajille.

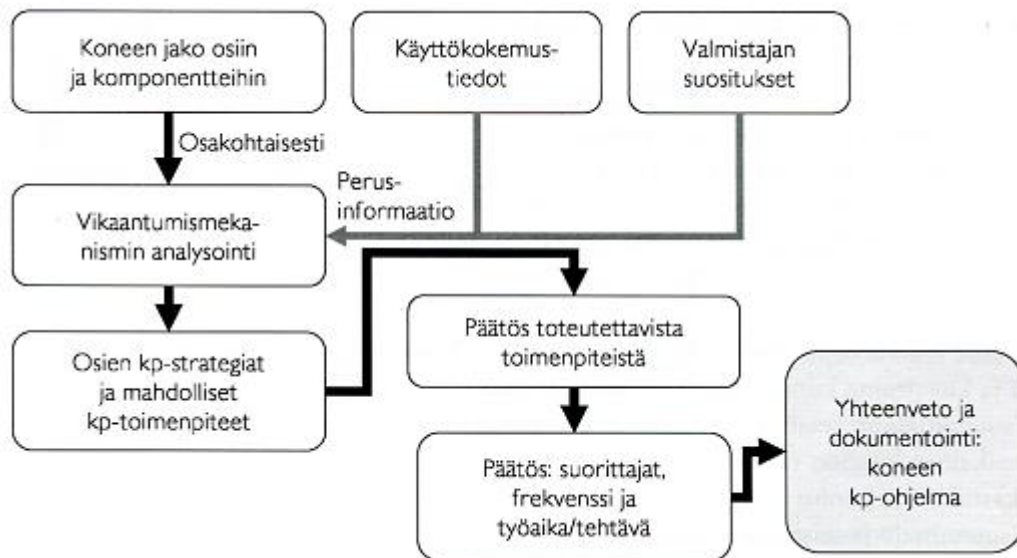
3. Laitetoimittaja ei voi tietää huolto-ohjelmiaan suunnitellessa, että millaisissa olosuhteissa koneita käytetään ja mitä prosessiraaka-aineita käytetään.
4. On mahdollista, että moniin huolto-ohjelmiin on panostettu hyvin vähän, koska ne ovat pakonomaisesti koottuja.

Edellä mainittujen seikkojen takia on aina parasta kehittää kunnossapitotoiminta ja huolto-ohjelmat itse vastaamaan omia käyttötarkoituksia sekä käyttöolosuhteita. (Laine 2010, 130.)

6.3.2 Esimerkki huolto-ohjelman askelista

Kun laaditaan huolto-ohjelmaa ja kohdennetaan kunnossapitotoimenpiteitä, niin on hyvä edetä seuraavan malliesimerkin järjestyksessä. Kuviossa kuvio 12 on myös hyvä kaavio aiheeseen liittyen.

1. Laitteen jako huoltokohteisiin
2. Laitteen vikaantumismekanismien arviointi
3. Kunnossapitotoimenpiteiden valinta (tarkastukset, määräaikaishuollot, puhdistukset)
4. Luotettavuuden arviointi
5. Kunnossapitotoimenpiteiden niputtaminen ja ajoittaminen vuoden jaksolle
6. Huolto- ja työohjeiden luominen
7. Dokumentointi
8. Loppuarviointi (Laine 2010, 130–131.)



Kuvio 11. Yksinkertaistettu kaavio luotettavuuteen tähtäävän kunnossapito-ohjelman tekemisestä. (Laine 2010, 131.)

7 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyöprosessi alkoi aiheen esittelyllä ja pienimuotoisella suunnittelulla yhteistyössä Prodeliverin kanssa. Tämän jälkeen sain Prodeliverin toimistolta oman työpisteen, henkilökortin sekä tarvittavat kulkuluvat tehdasalueelle. Työn alussa kirjoitettiin myös salassapitosopimus Prodeliverin kanssa, koska työ sisälsi asioita joita ei oltu vielä julkaistu. Raportin sisällössä ja työn tuloksissa on kiinnitetty huomiota siihen, että salassapitosopimusta kunnioitetaan. Tällä oli myös vaikutusta opinnäytetyön tekemiseen, sillä raportin kirjoittamisen ajan tuli jatkuvasti kiinnittää huomiota siihen, ettei salassapitovelvollisuuden piiriin kuuluvia asioita mainittu tai tietyistä asioista kirjoitettu liian yksityiskohtaisesti.

Opinnäyteprosessin aluksi pyrin hahmottamaan työmäärän laajuuden sekä luomaan kokonaisvaltaisen käsityksen siitä, mitä työssä oli tarkoitus tehdä ja mitä menetelmiä sekä työkaluja käyttäen oli kannattavaa edetä tarkoituksenmukaisesti. Myös työn laajuuden hahmottaminen oli tärkeää. Olikin olennaista pohtia, missä työn rajat menevät ja mikä tieto on aiheen kannalta hyödyllistä sekä näin karsia työlle epäolennaiset

asiat pois. Työ lähti liikkeelle etsimällä aiheeseen liittyvää materiaalia ja tietoa. Tiedonhaun avulla oli tarkoitus parantaa ja kerryttää tietopohjaa. Myös koulun kursseilla opittuja asioita tuli muisteltua ja kerrattua työn toteuttamisen aikana. Työ eteni opinnäytetyösuunnitelman mukaisesti. Suunnitelman ”punainen lanka” kulki tautalla jatkuvasti, vaikka muutoksia tehtiinkin tarpeen vaatiessa. Käytännön toteutus ei kuitenkaan tunnetusti toimi kovin usein teoreettisen suunnitelman mukaisesti varsinkin silloin, kun on kyse opinnäytetyön tyylisistä pidemmistä projekteista, joihin sisältyy paljon eri asioita ja monesti aiheet elävät sekä muuttuvat työn edetessä.

Tiedonhaussa pyrin etsimään tietoa mahdollisimman monipuolisista ja erilaisista lähteistä. Käytin työni teorian muodostamiseen kirjallisuutta ja aiheeseen liittyviä teollisia teoksia sekä artikkeleita. Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjasto ja sen palvelut olivat aktiivisesti käytössäni koko prosessin ajan. Hyödynsin muun muassa Janetin artikkelitietokantaa sekä Nelli-portaalia. Sain myös vinkkejä ja apua Prodeliverin henkilökunnalta, jos minulla oli jotain kysyttävää työhöni liittyen. Opinnäytetyöprosessin etenemiseen liittyen sain neuvoja ja ohjausta erityisesti työni ohjaajalta Jaakko Seppäseltä. Käytin työn tietoperustana pääosin kirjallisuutta ja standardeja luotettavuuden takia. Lähteinä käytin myös artikkeleita ja internetiä. Tiedonhaussa apuna olivat aiheeseen liittyvien opinnäytetöiden lähdeluettelot, sekä hakukoneet Google ja Google Scholar.

Aloitin työn raportin kirjoittamisen ja muistiinpanojen merkitsemisen ensimmäisestä päivästä lähtien ja pyrin etenemään raportissa kokonaisuus kerrallaan. Työ oli tarkoitus saada muodostumaan loogisesti eteneväksi ja sisällöltään johdonmukaiseksi. Työ käsitti kaksi suurempaa kokonaisuutta, hoitosiltasuunnitelman ja ennakkohuolto-suunnitelman. Tavoitteenani oli tehdä opinnäytetyötä päivittäin muutaman tunnin verran lukuun ottamatta viikonloppuja ja tämä tavoite onnistui melko hyvin. Työn viimeistelyvaiheessa joutui työskentelemään muutaman kerran hyvinkin pitkiä päiviä.

7.1 Hoitosiltasuunnitelman toteutus

Hoitosiltoja koskevassa työosuudessa jouduin tekemään suunnittelutyötä, joka oli enimmäkseen mallintamista ja mitoittamista. Opinnoissani olen suuntautunut ja erikoistunut kunnossapitoon, joten kyseinen työosuus toi työlle lisää haastavuutta ja

monipuolisuutta. Jouduin kertaamaan ja opettelemaan mallinnusohjelman käyttöä, ominaisuuksia ja komentoja, sekä tein suunnittelijoille tyypillistä mallinnustyötä luodessani konseptia huoltosilloille. Suunnitelmana oli mallintaa toteuttamiskelpoisia hoitotasoja ja ideoida niitä koneen formeriosan ympärille. Käytännössä siis hahmotelin ja mallinsin erilaisia kulkureittejä koekoneen formeriosan 3D-mallin ympärille. Kulkureittejä olivat hoitosillat työskentelytasoineen, portaineen ja tikkaineen. Tarkoitus oli luoda tarvittavat pääsytiety huoltosuunnitelmaan kuuluvien kohteiden luokse. Pyrkimyksenä oli toteuttaa tasot niin, että ne noudattaisivat standardien vaatimuksia sekä turvallisuudessa että käyttäjäergonomiassa niin pitkälti kuin se on vain mahdollista. Koulutusohjelmani aikana olin käynyt vain vähimmäismäärän suunnittelu- ja mallinnuskursseja. Hoitosiltasuunnitelman pääasiallisena työkaluna toimi 3D-mallinnusohjelma Catia V5.

Suunnittelu- ja mallinnustyö oli haasteellisista ja eteni melko hitaasti. Ajoittain tämä työosuus aiheutti turhautumista. Isoimpana ongelmana oli kokemuksen ja tiedonpuute vastaavanlaisista töistä. Hidasteena ja hankaloittavana tekijänä oli myös kokemuksen puute mallintamisessa. Mallinnusohjelman käyttö oli jonkin verran muistissa, mutta tuntui, että sillä ei saanut useampaan otteeseen tehtyä kaikkia asioita mitä halusin. Mielestäni vastaavanlainen työ vaatisi paljon enemmän kokemusta ja osaamista mallinnusohjelman käytöstä, sekä hoitosiltojen suunnittelusta. Mallinnusprosessin aikana tuli todettua, että yksi tai kaksi Jyväskylän ammattikorkeakoulun mallinnuksen peruskurssia ei riittäisi tarpeeksi pätevään ja yksityiskohtaiseen lopputulokseen. Myös hoitosiltoihin liittyvän tiedon vähäisyys vaikeutti työtä. Aiheesta ei ollut löydettävissä oikein minkäänlaista tietoa mistään. Tietoa ei löytynyt eri hakukoneiden avulla internetistä etsimällä, eikä myöskään muista painetuista lähteistä etsimällä. Suomeksi tietoa löytyi hyvin niukasti ja englanninkielisiä aiheeseen liittyviä julkaisuja ei löytynyt ollenkaan. Ainoan aiheeseen liittyvän teoksen sain opinnäytetyön alussa työni ohjaajalta, Prodeliverin Jaakko Seppäseltä. Kyseessä oli Jonna Variksen Metso paperille vuonna 2008 tekemä hoitosiltojen suunnitteluohje kuivatusosalle. Kyseessä oli Jyväskylän ammattikorkeakoululle tehty opinnäytetyö. Siitä oli jonkun verran apua ja sen avulla pystyi etsimään vinkkejä hoitosiltojen suunnitteluun liittyen. Kyseessä oli kuitenkin täysmittaisen paperikoneen pelkkää kuivatusosaa koskeva hoitosiltasuunnitelma, joten siitä ei ollut hyötyä hoitosiltojen mallinnusosuuteen. Siitä oli kuitenkin

apua hoitosiltojen turvallisuuteen, mitoitukseen, standardeihin ja vaatimuksiin liittyvissä asioissa.

Koekoneen hoitosiltasuunnittelu lähti käytännössä liikkeelle siitä, että aloitin mallintamaan tasoja Catialla koneen 3D-mallin ympärille yrittäen kiinnittää huomiota samalla sovittuihin asioihin. Suunnittelussa ja mallinnuksessa oli myös koekoneeseen liittyviä vaatimuksia, joita tuli yrittää noudattaa. Yhtenä esimerkkinä oli se, että viiranjaihto tuli huomioida työssä niin, ettei hoitopuolella märkäviiran käsittävän alueen edessä saanut sijaita hoitosiltoja siten, että viiran vaihto estyy. Ellei ole mahdollisuutta johonkin liikuteltavaan tai katkaistavaan hoitosiltaan tai esimerkiksi avattavaan viiranjaihtoporttiin, jotta viiran vaihto on mahdollista. Kyseessä on useita metrejä tilaa vievä viirakokonaisuus, jonka vaihdon on tarkoitus tapahtua kokonaisena looppina hoitopuolelta. Yhtenä vaatimuksena hoitosilloille oli, etteivät ne saa peittää liikaa näkyvyyttä koneelle, koska koneen eri osien prosessin toimintaan tulee olla mahdollisimman hyvä näkyvyys. Erityisen tärkeää on nähdä viiralle, jotta rainaa ja sen muodostumista voidaan tarkkailla. Myös hoitopuolen alempi hoitotaso, josta on paras näkyvyys viiralle, oli tarkoitus suunnitella leveämmäksi kuin muut hoitosillat. Vaatimuksena tasolle oli suurempi tilantarve, jotta useampi henkilö voi käyttää tasoa samanaikaisesti. Toimeksiantajan työnohjaaja kehotti myös välttämään poikkisuuntaisesti koneen ylittäviä hoitosiltoja johtuen siitä, että tilaa on niin vähän käytettävissä formeriosan ja sitä seuraavan kuivausosan välissä.

Mallinnusprosessissa edistyminen oli hidasta, sillä tietoa oli löydettävissä hyvin niukasti ja työhön liittyvää aiempaa kokemusta minulla ei ollut. Ainoa omakohtainen hoitosiltatuntemukseni oli se, että olen kävellyt sekä työskennellyt sellu- ja paperikoneiden hoitosilloilla eri tehtailta kesätöiden. Siitä ei kuitenkaan ollut hyötyä tässä työssä. Mallinnusta hankaloitti myös se, että suunnittelun alla olevan koekoneen loppupään ratkaisua ei ollut vielä päätetty asiakkaan puolelta, eikä sen lopullisesta toteutuksesta ollut tästä johtuen täyttä varmuutta. Koekoneen loppupään 3D-malli muuttui kerran mallinnustyön aikana, mutta palautui myöhemmin takaisin alkuperäiseen muotoonsa ja lopullisesta versiosta ei ollut vielä tietoa. Tämän takia työ rajattiin uudestaan ja sovittiin, että hoitosillat eivät ulotu formeriosaa pidemmälle. Formeriosa oli ainut osa koneesta, jonka oli tarkoitus pysyä muuttumattomana. Hoitosillat mallinnettiin minimileveyteen, kuitenkin standardien vaatimusten sallimissa rajoissa.

Tämä johtui siitä, että koneen tuleva sijoituspaikka on tiloiltaan melko ahdas ja ylimääräistä tilaa siellä ei ole liikaa juuri missään.

7.2 Ennakkohuoltosuunnitelman toteutus

Ennakkohuoltosuunnitelman työvaiheista ensimmäinen oli aiheeseen liittyvään teoriaan tutustuminen ja pikainen perehtyminen erilaisiin huoltosuunnitelmiin, jotta sain käsityksen siitä mitä eri asioita huolto-ohjelmat yleensä sisältävät. Samalla sain myös paremman idean siitä, miten työssä kannatti lähteä etenemään. Työn tavoitteet olin hahmotellut jo mielessäni ja osasin arvioida millaisia työn tulokset tulisivat pääpiirteittäin olemaan. Tarkoituksena oli muodostaa koneen laitteista ja osista yksinkertainen hierarkia, joka tulisi olemaan Excel-pohjainen laiteluettelo. Laiteluetteloon oli tarkoitus listata koneen päälaitteet ja niiden kappalemäärät. Hiirellä klikkaamalla kunkin päälaitteen nimen kohdalta päästään uudelle Excel-välilehdelle, jossa on kunkin päälaitteen osaluettelo sisältäen huoltoa tarvitsevat pääkomponentit. Laitelistan pohjalta tehdään lopulliset ennakkohuolto-ohjeet, jonka lopullisen toteutuksen on myös tarkoitus ilmetä Excel-pohjaisena huoltolistana.

Tämä opinnäytetyö eroaa tyypillisestä huolto-ohjelman suunnittelusta ja toteutuksesta siten, että esimerkiksi kriittisyysanalyysi ja siihen pohjautuva RCM-analyysi jätettiin työn ulkopuolelle yksinkertaisesti siksi, koska menetelmiä ei tarvittu eikä voitu hyödyntää kyseisen työn tarkoituksiin. Kriittisyysanalyysi on menetelmä, jossa huoltosuunnitelmaan kuuluvat laitteet pisteytetään niiden kriittisyyden ja niistä aiheutuvien riskien perusteella. Kriittisyysanalyysin avulla on pyrkimys löytää tietystä järjestelmästä kaikki ne laitteet, jotka vikaantuessaan vaikuttavat merkittävästi tuotannon menetykseen, ympäristö- ja turvallisuustekijöihin sekä laatu- ja korjauskustannuksiin. Kriittisyysanalyysin ideana on tuottaa lähtötietoja luotettavuuskeskeisen kunnossapitoanalyysin eli RCM:n (Reliability Centered Maintenance) pohjaksi. Menetelmän perusteella on tarkoitus lopulta määrittää oikeat ennakkohuoltotoimenpiteet prosessin kannalta kriittisimmille koneille ja laitteille. RCM:n kriteereinä toimivat tyypillisimpinä tekijöinä kustannukset, ympäristövaatimukset, turvallisuus ja laatu.

Edellä mainittuja menetelmiä sovelletaan yleisesti tuotantolaitoksiin ja vastaaviin paikkoihin missä jotain tuotteita valmistetaan erilaisten valmistusprosessein, koneiden ja laitteiden avulla. Näistä analyysistä on hyötyä siinä vaiheessa, kun esimerkiksi jonkun paperitehtaan prosessilaitteet ovat olleet käytössä jo pidemmän aikaa ja niiden toimintaa on seurattu sekä niistä on kerätty vikadataa sekä saatu muuta vikaantumiseen liittyvää tietoa. Kokemusperäinen ja laitteiden käyttäjiltä saatu ”hiljainen tieto” voi olla myös tapauksesta riippuen todella arvokasta tietoa mitä ei mistään muualta saa. Kaiken tämän tiedon avulla saadaan yleensä tietää järjestelmän kriittisimmät laitteet ja niiden vikaantumisia osataan täten ennakoida. Näissä tapauksissa edellä mainittujen menetelmien käyttö on järkevää ja kannattavaa. Olennainen tekijä on aina siis aika. Kun aikaa kuluu, niin laitteista ja niiden vikaantumisesta saadaan tietoa, joka on tärkeää ja mahdollistaa hyvän ennakkohuoltosuunnitelman laatimisen.

Tämän työn tapauksessa koekone ja kaikki sen laitteet ja osat hankitaan uusina, joten minkäänlaista aikaisempaa vikaantumiseen liittyvää tietoa käytännön olosuhteista ei ole olemassa. Ennakkohuoltosuunnitelma tehdäänkin sen takia koekoneeseen tulevien laitteiden ja osien valmistajien suositusten ja ohjeiden perusteella, koska se on järkevin tapa. Koneeseen hankittavat komponentit tulevat olemaan pääosin olemassa olevia standardiosia. Huoltolistaan tarvittavat tiedot niistä löytyvät internetistä, josta löytyy hyvin tietoa erilaisiin standardiosiin liittyen. Lisäksi valmiiksi tehtyjä huolto-ohjeita ja tietoja huolloille suositelluista aikaväleistä tulee myös laitevalmistajilta tilattujen osien yhteydessä. Edellä mainittujen keinojen avulla minun oli tarkoitus koota ja tehdä huolto-ohjelma laitteille. Työhön liittyvistä koneen laitteista ja komponenteista ei ollut vielä mitään varmaa tietoa tai varmuutta johtuen siitä, että insinööritoimiston projekti oli siinä vaiheessa, ettei koneeseen valittavista osista ole tehty vielä mitään lopullisia päätöksiä Prodeliverin asiakkaan puolesta. Alkuperäisen aikataulun mukaan laitteet ja osat olisi pitänyt saada tietää jo pian opinnäytetyön aloituksen jälkeen helmi-maaliskuussa. On kuitenkin tyypillistä, että tämän kaltaisissa projekteissa tulee muutoksia suunnitelmiin ja viivästyksiä aikatauluihin. Tämä vaikutti opinnäytetyön tekoprosessissa hidastavalla tavalla, enkä lopulta pystynyt tekemään valmista listaa huolto-ohjelmista, kun ei ollut laitteita tai osia mistä tehdä. Teoriassa tiesin, että mitä pitäisi tehdä ja miten, mutta en voinut enempää työssä toteuttaa

näistä minusta riippumattomista tekijöistä johtuen. Enkä voinut tehdä lopullista haulttua tulosta eli huoltolistaa tässä työosuudessa.

8 Tulokset

8.1 Ennakkohuoltosuunnitelman tulokset

Ennakkohuoltosuunnitelman tuloksina syntyi kuvion 13 mukainen Excel-pohjainen malli koekoneen laitehierarkiasta. Hierarkia on käytännössä laiteluettelo huollettavista kohteista, jossa laitteet ovat listattu taulukkoon. Excelissä voidaan liikkua kustakin laitteesta sen osaluetteloon klikkaamalla värillistä linkkiä. Jokaisen laitteen osaluetteloon johtavat linkit ovat merkitty eri värein. Siirtyminen kuhunkin osaluettelovälilehdelle tapahtuu hyperlinkin välityksellä. Laiteluettelon tarkoitus oli kerätä kaikki ennakkohuoltosuunnitelman laitteet samaan paikkaan, jotta niitä on sieltä helppo tarkastella pääkomponentteineen. Laiteluetteloä apuna käyttäen on helppo koota lopullinen huoltolista, kun kaikki siihen tarvittava löytyy samasta tiedostosta.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Kappalemäärä/laitte	Linkki osaluetteloon					
2	3xPaljeohjain	Paljeohjaimen osaluettelo					
3	3xViirankiristin	Viirankiristimen osaluettelo					
4	3xViiranojain	Viiranojaimen osaluettelo					
5	14xTela 270(Halkaisija)	Tela 270 osaluettelo					
6	1xTela 400	Tela 400 osaluettelo					
7	1xTela800	Tela 800 osaluettelo					
Laiteluettelo_Koelaite		Paljeohjaimen osaluettelo	Viirankiristimen osaluettelo				

Kuvio 12. Koekoneen laiteluettelo. (Hierarkia)

Kuviossa 13 näkyvät laitteet listattiin työn alussa, joten kyseessä on koekoneen alkuperäisen suunnitelman mukaiset tiedetyt laitteet kappalemäärineen. Jatkossa kun lopulliset käyttöön tulevat komponentit saadaan varmistetuksi, niin listaa voidaan jatkaa lisäämällä tietoihin kunkin laitteen tyyppi ja valmistaja. Näin myös varaosien tilaaminen helpottuu. Laiteluetteloon voidaan lisätä lisäksi selitteet laitteiden toimin-

noista ja mahdollisten varaosatoimittajan tiedot. Laiteluetteloon voidaan myös tarvittaessa lisätä jatkossa erilaisia lisätietoja ja muokata sekä jalostaa nykyistä luetteloa niin, että sen kokonaisuus palvelisi haluttua käyttötarkoitusta mahdollisimman hyvin.

Seuraavissa kuvioissa 14 ja 15 näkyy mitä koekoneen laitteille laadittava huoltolista pitää sisällään.

A	B	C
Koekoneen huoltolista Prodeliver Oy		
Laite	Työ/toimenpide	Huoltoväli
Laitteen nimi	Suoritettava kunnossapitotyö	Jaksotettu aika esim. 1kk välein

Kuvio 13. Koekoneen huoltolista (Osa1)

D	E
Tekijän kuittaus	Kommentoitavaa
Kunnossapitotyön tekijän nimikirjoitus	Muuta yleistä laitteeseen tai kunnossapitotyöhön liittyvää asiaa

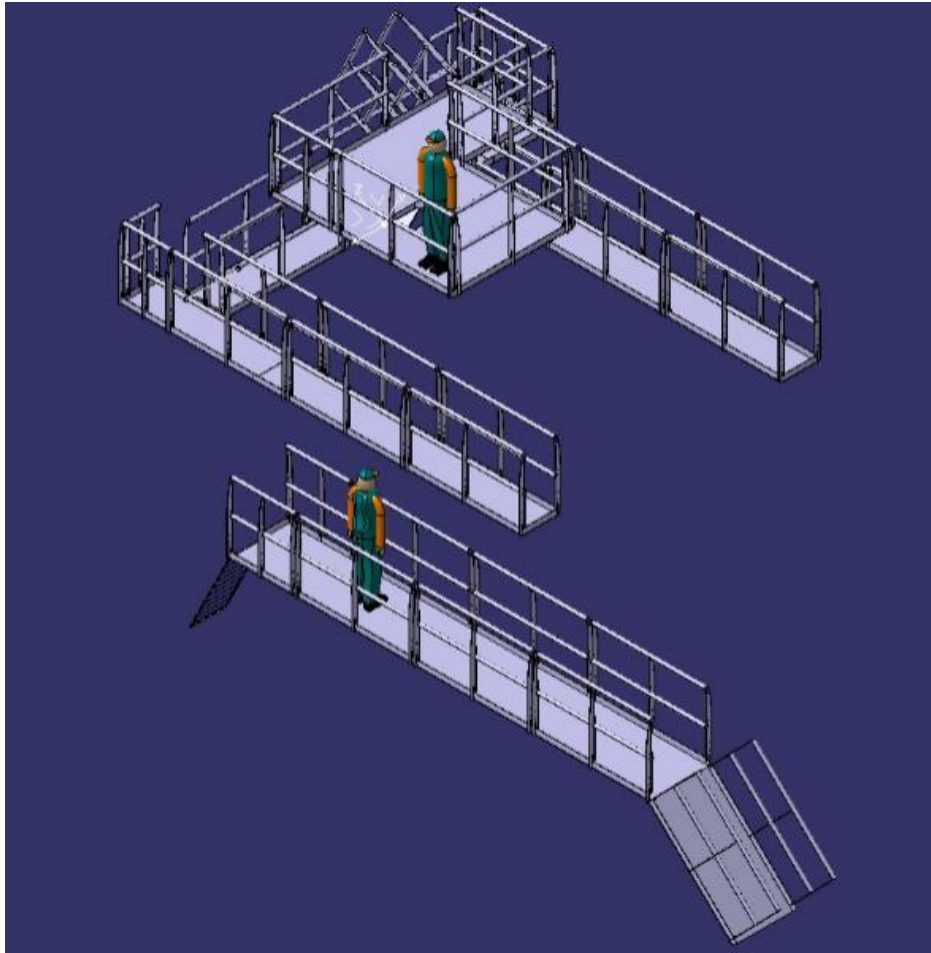
Kuvio 14. Koekoneen huoltolista (Osa 2)

Listasta ilmenee laitteet, joille ennakkohuoltoa tullaan suorittamaan ja mikä on kullekin laitteelle tehtävä huoltotoimenpide. Esimerkiksi öljynvaihto, voitelu tai puhdistus ovat yleisiä toimenpiteitä. Työn suorittajan on tarkoitus merkitä listaan oma nimikirjoitus työn valmistuttua. Kommentoitavaa-kenttään kunkin eri työn suorittavat henkilöt voivat merkitä mitä huollossa on tehty ja mitä mahdollisesti tärkeää tai vaihtoehtoisesti poikkeavaa on havaittu. Samaan kohtaan voidaan myös kirjoittaa, jos työstä on jotain erityistä tai aiheellista mainittavaa.

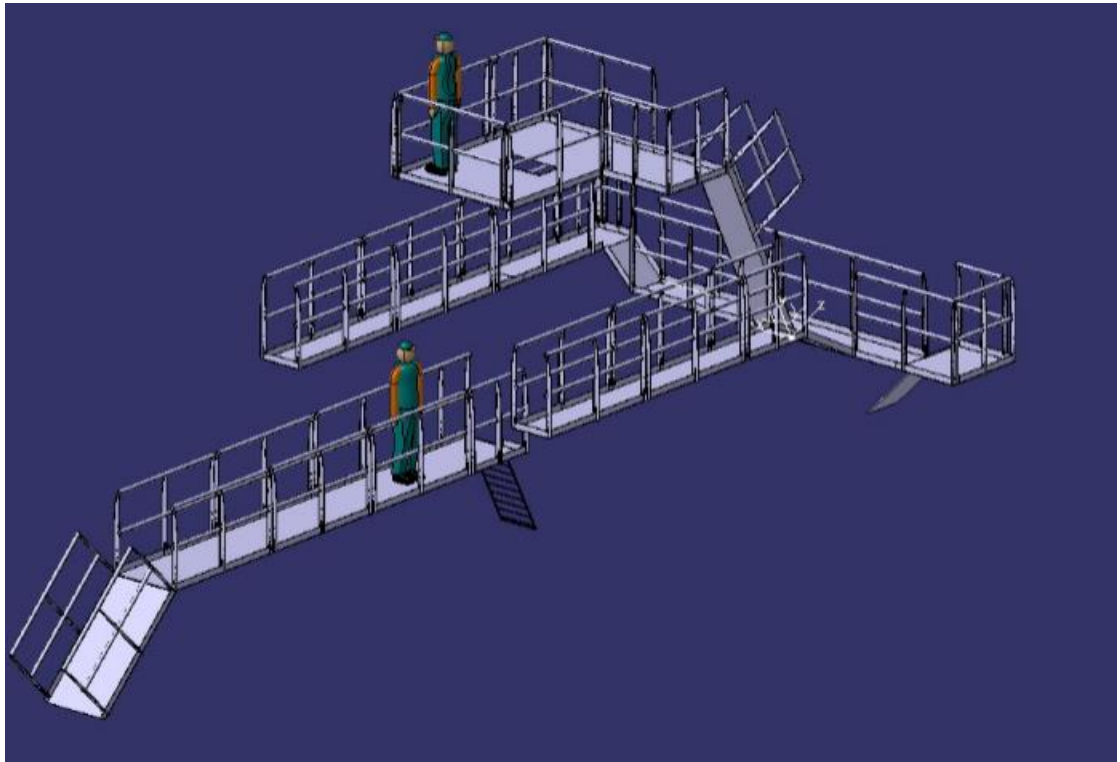
8.2 Hoitosiltasuunnitelman tulokset

Hoitosiltasuunnitelman tuloksena syntyi alustava malli koekoneen formeriosalle, joka voidaan ottaa käyttöön, kun sitä ensin muokataan tarkemmaksi. Hoitosiltamallin siltoja voidaan säätää halutulla tavalla, esimerkiksi kaventamalla tai leventämällä niitä tai säätämällä niiden korkeutta, jotta sijainti koneella on juuri sopiva. Catialla mallin-

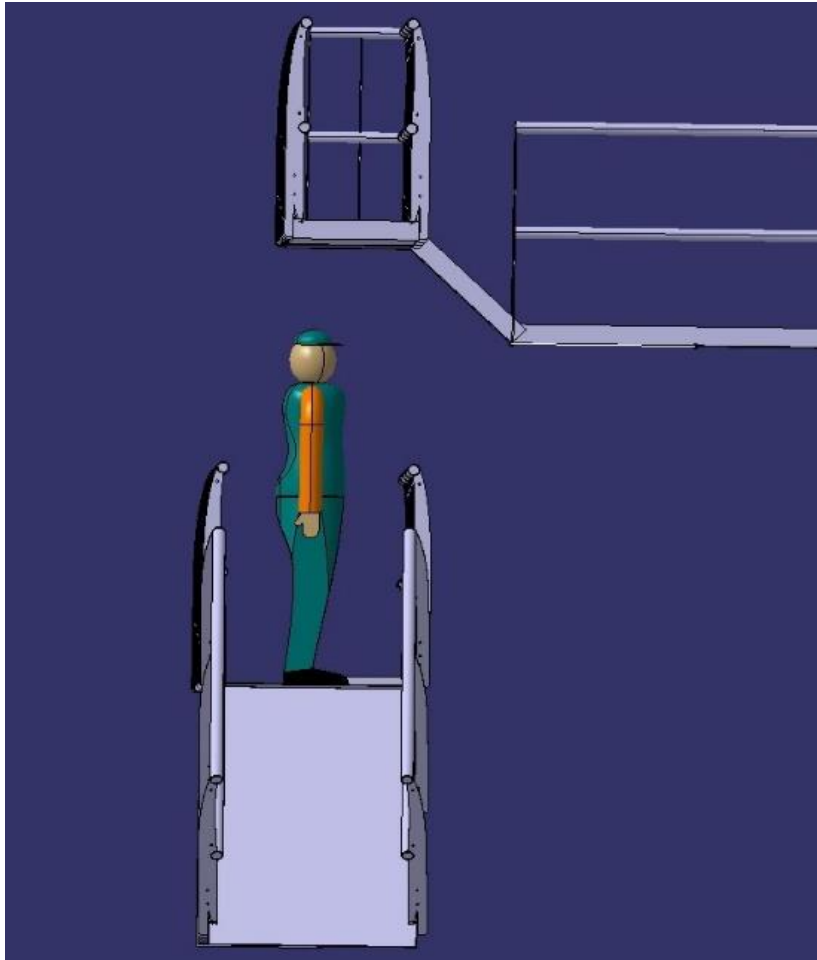
netut hoitotasot näkyvät tuloksissa ilman koekonetta ja sen ympäristöä johtuen sallasapitosyistä. Kuviossa 16 on esitetty isometrinen projektio hoitosilloista, joka antaa hyvän yleiskuvan kokonaisuudesta. Hoitosillat koostuvat hoitopuolella kahdesta pitkittäisestä ja päällekkäin sijaitsevasta tasosta, käyttöpuolen hoitosillasta, poikittaisesta kulkutasosta perälaatikon takana ja formerin päällä sijaitsevasta tasosta sisältäen portaat, josta noustaan siihen. Formerin päällä sijaitseva hoitotaso esiintyy kuviossa 19. Käyttö- ja hoitopuolen kaikki hoitosillat sijaitsevat 350 mm päässä koekoneen rungosta, koska tämän mitan on todettu olevan sopiva ja turvallinen etäisyys. Mallia etäisyyteen on myös otettu toisesta hoitosiltasuunnitelmasta. Hoitopuolen alemmasta hoitotasosta pääsee käsiksi alempien telojen laakeripesiin ja viiranohjaimiin. Kyseinen taso, joka näkyy kuviossa 18 on 1000 mm leveä muiden hoitosiltajen ollessa leveydeltään 600 mm. Tämä johtuu siitä, koska se suunniteltiin käyttötarkoitukseltaan siten, että siihen mahtuu useampi henkilö kerrallaan. Tason tulee myös olla katkaistava tai siihen on tehtävä jokin vastaava mekanismi tai ratkaisu, jotta viirranvaihto onnistuu. Työssä siihen ei ehditty paneutua ajanpuutteen vuoksi ja se jäi toteuttamatta. Ylempi hoitopuolen taso ja samalla korkeudella sijaitseva käyttöpuolen hoitosilta loppuvat kesken siksi, että niitä voidaan jatkaa halutun pituisiksi koekoneen seuraavalle osalle, kun lopullinen konstruktio tiedetään. Ylemmistä tasoista päästään suorittamaan ennakkohuoltoa viiranohjaimille ja -kiristimille. Ylimmältä tasolta päästään tekemään tarvittavia huoltoja ja tarkastuksia formerilaatikon sekä siihen kuuluville komponenteille. Catiasta otetuissa kuvakaappauksissa hoitotasoilla seisoo kaksi ihmismallia. Niitä käytettiin työssä mittasuhteiden havainnollistamiseksi. Kuvioissa 16 ja 17 näkyvät alimman hoitosillan päässä sijaitsevat kaltevat tikkaat esittävät porrastikkaita. Ratkaisuun päädyttiin tilanpuutteen vuoksi.



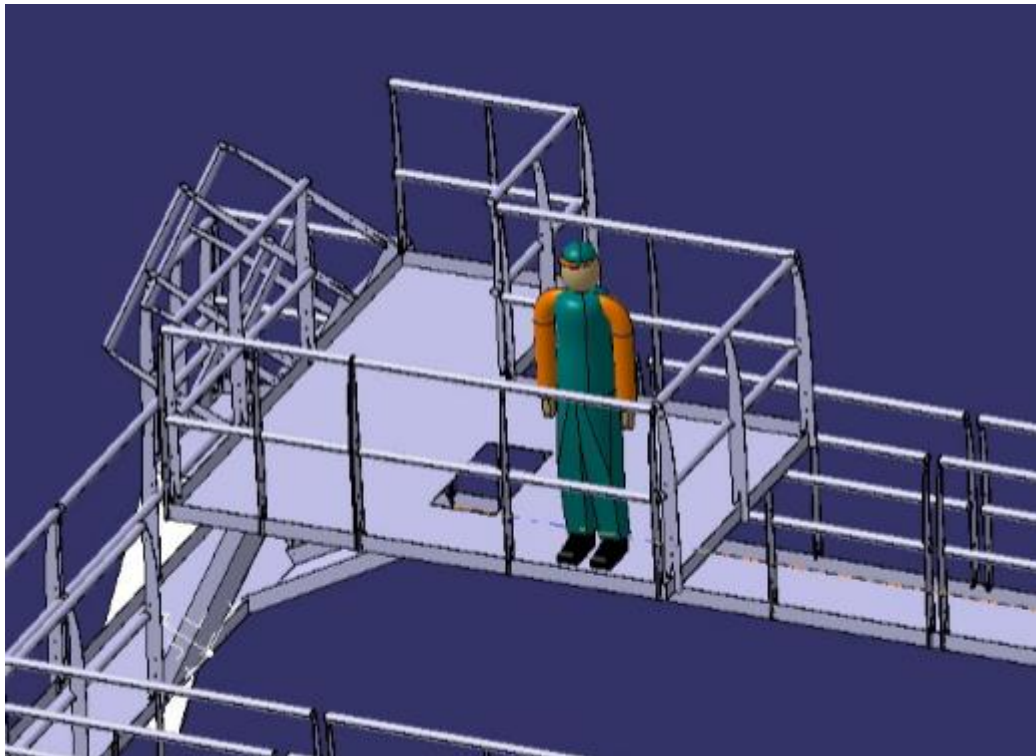
Kuvio 15. Isometrinen projektio hoitosiltarakennelmasta.



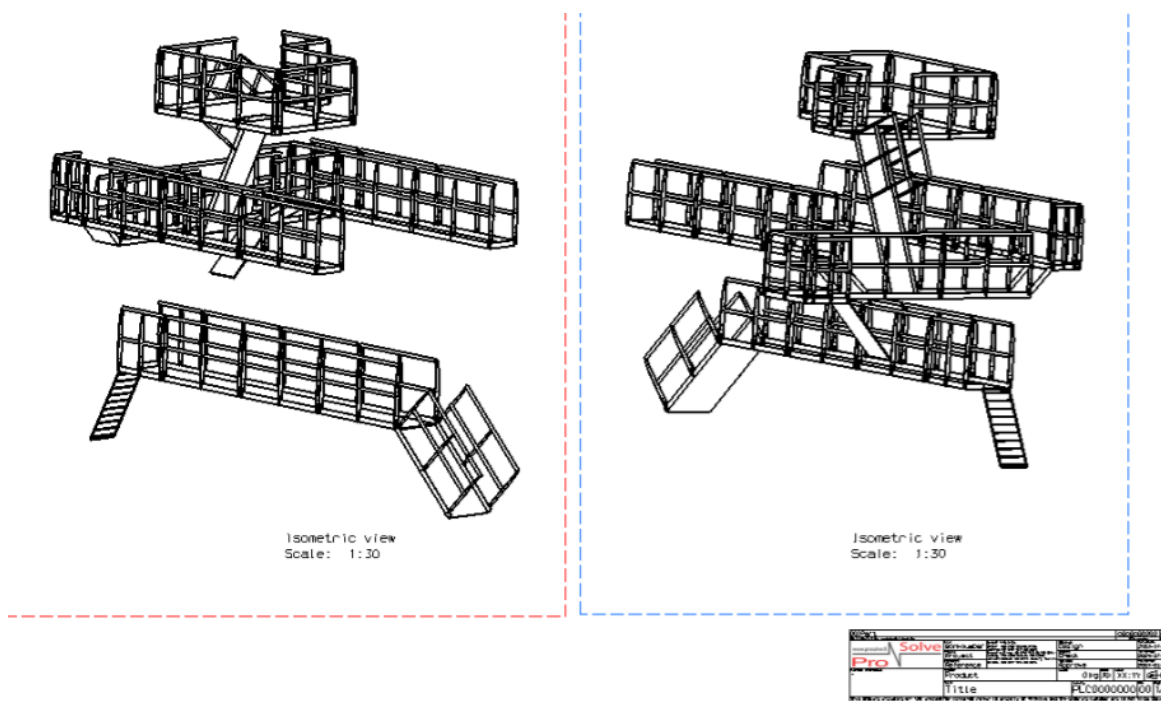
Kuvio 16. Hoitosillat käyttöpuolelta päin katsottuna ja ihmismallit.



Kuvio 17. Hoitopuolen lattiatasolta nouseva leveämpi hoitosilta.



Kuvio 18. Formerin päällä sijaitseva hoitotaso.



Kuvio 19. Layout-kuva hoitosilloista Prosolven piirustusohjalla.

8.3 Tulosten arviointi

Työn tulokset jäivät huolto-ohjeita koskevan listan toteuttamisen kannalta teoreettiselle tasolle. Tuloksista ilmenee käytännössä, että mitä pitää tehdä ja miten. Ennakko-ohjelmasuunnitelman osalta siis tiedetään pääasiat ja tärkeimmät periaatteet huoltolistan toteuttamiseksi. Työn teoriaosuudessa esiintyy, että mitä asioita ja tietoja huolto-ohjelmien laatiminen koekoneen laitteille vaatii.

Hoitosiltojen osalta sain luotua tavoitteideni mukaisen 3D-mallin siitä, että millaiselta hoitosiltarakennelma voi käytännössä näyttää. Tietenkin hoitosilloissa on puutteita ja useita lisättäviä yksityiskohtia, joista mainittakoon esimerkkinä kannakointi. Mutta olen tyytyväinen lopputulokseen, sillä olin ensikertalainen vastaavanlaisessa projektissa. Tarkat, viimeistellyt ja esimerkiksi hoitosiltojen sallittujen kuormien suhteen laskelmoidut tulokset edellyttävät laajaa tietämystä ja syvällisempää oppimisprosessia aiheesta. Työ onnistui kuitenkin hyvin, sillä en ole asiantuntija hoitosiltojen suunnittelussa. Sama koskee myös 3D-mallintamista. Toimeksiantaja voi käyttää hyödyksi hoitosiltasuunnitelmasta hyväksi havaitsemansa ominaisuudet ja heikommiksi todetut ratkaisut voidaan suunnitella uusiksi tai jättää käyttämättä.

Työn molemmat tulokset ovat sovellettavissa käytäntöön ja tässä mielessä työ onnistui. Opinnäytetyön hyödynnettävyys riippuu pitkälti Prodeliverin koekonetta suunnittelevalle tiimille halusta käyttää työn tuloksia niin huolto-ohjelman kuin hoitosiltojen toteuttamisessa.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda ennakkohuoltosuunnitelma paperilaatujen testaamiseen tarkoitettulle koekoneelle, joka oli suunnittelutyön alla. Toisena tavoitteena oli tehdä hoitosiltasuunnitelma huollettavia komponentteja varten.

Työn aikataulu oli rajallinen ja aikaa oli käytettävissä noin kolme kuukautta työn aloittamisesta sen palauttamiseen. Työn alkuperäiset tavoitteet muuttuivat jonkin verran työn aikana ja olivat myös vähän epäselvät ajoittain. Työn aihe oli alun perin mitoitettu hieman liian kunnianhimoiseksi aikataulun puitteisiin nähden. Tästä johtuen työn tulokset jäivät keskeneräisiksi huoltolistan lopullisen toteutumisen osalta. Olisin pystynyt toteuttamaan huoltolistan, jos olisin saanut tietooni siihen tarvittavat komponentit. Työn aikana kohtasin myös haasteita, joihin ei aina löytynyt yksiselitteisiä ratkaisuja tai saanut selkeitä vastauksia esittämiini kysymyksiin. Esimerkiksi että mitä tarkalleen haluttiin ja miten.

Ennakkohuoltosuunnitelmaan valittavat laitteet ja komponentit eivät ehtineet varmistua opinnäytetyöprojektin aikana ja se johtui myös toimeksiantajasta riipumattomista tekijöistä, koska he eivät saaneet tarvittavia tietoja ajoissa koekoneen tilanneelta asiakkaalta.

Työn aihe oli mielenkiintoinen ja melko haastava. Hoitosilloista oli erittäin hankala löytää ylipäättänsä mikäänlaista tietoa niin suomeksi kuin englanniksi.

Ennakkohuoltosuunnitelman pohjalta voidaan toteuttaa lopullinen huoltolista, kun koneen osat varmistuvat. Tarvittavat tiedot saadaan valmistajilta ja laitetoimittajilta. Huoltolistaa voidaan jalostaa paremmaksi sen jälkeen kun koekone on otettu käyttöön ja se on ollut käytössä jonkin aikaa. Silloin saadaan enemmän tietoa koneen toiminnasta käytännössä ja huomataan, että mitkä koekoneen osat mahdollisesti

kuluvat nopeiten ja mitkä komponentit tarvitsevat enemmän huoltotoimenpiteitä esimerkiksi lisävoitelua. Tai vastaavasti vähemmän voitelua tai muuta huoltoa. Koneen oltua käytössä tarpeeksi aikaa pystytään ennustamaan vikaantumisia paremmin.

Työ ja koko prosessi oli opettavainen. Jatkoa ja tulevaa työelämää ajatellen minulla on nyt paremmat valmiudet lähteä ratkomaan ongelmia ja kehittämään ratkaisuja samantyyppisissä projekteissa. Osaamiseni liittyen työssä käsiteltyihin aiheisiin kehittyi huomattavasti. Työ opetti myös tiedostamaan lisää omia vahvuuksiani sekä heikkouksiani tiedonhaussa, ongelmanratkaisussa sekä projektiluontoisen työn toteuttamisessa. Toimeksiantaja pystyy työn teorian ja tulosten pohjalta laatimaan huoltolistan tarvittaessaan. Hoitosiltojen puolesta työstä voi käyttää hyväksi havaittuja ratkaisuja ja muokata tai karsia ei niin toteutuskelpoisia ratkaisuja, mikäli parempia tulee vastaan. Uskon, että työstäni oli hyötyä toimeksiantajalleni, vaikka lopulliset tulokset jäivät osittain hieman suppeiksi aikaraamien puitteissa.

Lähteet

Catia V5 koulutusmateriaali. Osa 1. 2004. Metso Paper.

Catia 2015. Wikipedia. Viitattu 14.4.2016 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Catia>

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito - tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. p., uud.p. Helsinki: KP-Media Oy.

Kortelainen, H. & Reunanen, M. 2013. Artikkelit promaintlehdessä internet-sivustolla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.promaintlehti.fi/Tutkimus-ja-koulutus/Laitekannan-hallinta-nakokulmia-fleetin-hallintaan-ja-arvontuottoon-asiakkaalle>

Kunnossapidon erikoisosaamisen merkitys kasvaa. 2007. Artikkelit metsäteollisuuden internetsivuilla. Viitattu 10.3 <http://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/tiedotteet/Kunnossapidon-erikoisosaamisen-merkitys-kasvaa-372.html>

Käyttövarmuus, käytettävyyys, luotettavuus. 2014. Ramentorin internetsivut. Viitattu 23.3.2016. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito – tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media Oy.

Maintenance In History. 2011. Artikkelin internetsivulla. Viitattu 10.3.

http://www.leanexperience.com/TPMONLINE/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistory.htm

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.

Predictive maintenance (PdM). 2016. Artikkelin internetsivulla. Viitattu 13.4.2016.

<https://www.maintenanceassistant.com/predictive-maintenance/>

Prodeliver. N.d. Prosolven internetsivut. Viitattu 26.2.2016 <http://www.prosolve.fi/prodeliver/>

Prosolve Oy:n taloustiedot. Taloussanomien internetsivut. Viitattu 26.2.2016

<http://yritys.taloussanomien.fi/y/prosolve-oy/jyvaskyla/1878432-5/>

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. p. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 17.3.2016. <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu>, Nelli-portaali, PSK standardit, PSK Standardisointiyhdistys ry.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 9.3.2016. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN 1034-1 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Paperi- ja paperin jälkikäsittelykoneiden turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.4.2016. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN ISO 14122-1 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Kahden tason välisen kiinteän kulkutien valinta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.4.2016. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN ISO 14122-2 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.4.2016. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN ISO 14122-3 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet osa 3: Portaات, porrastikkaat ja suojakaiteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.4. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

SFS-EN ISO 14122-4 + A1. 2010. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet osa 4: Kiinteät tikkaat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 8.4. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Sinisammal, J. 2001. Pääsytiет: Teollisuuslaitosten kiinteät portaat, tikkaat, työ- ja kulkutasot. Työturvallisuuskeskus. Vantaa: Nykypaino Oy.

Tickoo, S. 2011. Catia VR521 for designers. Schererville: CAD/CIM Technologies.

Varis, J. 2008. Kuivatusosan hoitosiltojen suunnitteluohjeen laatiminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, tekniikka ja liikenne, hyvinvointiteknologian koulutusohjelma.

Varis, J. 2008. Ohje hoitosiltojen suunnitteluun. 12.12.2008. Päivitetty 16.4.2012 Kalle-Matti Romppaisen toimesta.